

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**ANÁLISE AMBIENTAL INTEGRADA DO COMPONENTE SOLO COMO
SUBSÍDIO PARA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO TENENTE AMARAL EM JACIARA – MATO
GROSSO - BRASIL**

Vanderley Severino dos Santos

**São Carlos-SP
2007**

**ANÁLISE AMBIENTAL INTEGRADA DO COMPONENTE SOLO COMO
SUBSÍDIO PARA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO TENENTE AMARAL EM JACIARA – MATO
GROSSO - BRASIL**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**ANÁLISE AMBIENTAL INTEGRADA DO COMPONENTE SOLO COMO
SUBSÍDIO PARA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO TENENTE AMARAL EM JACIARA – MATO
GROSSO - BRASIL**

Vanderley Severino dos Santos

**Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de
Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade
Federal de São Carlos como parte dos requisitos
para a obtenção do Título de Doutor em Ciências
(Área de Concentração: Ecologia e Recursos
Naturais).**

Orientador: Professor Doutor Reinaldo Lorandi.

**São Carlos-SP
2007**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

S237aa

Santos, Vanderley Severino dos.

Análise ambiental integrada do componente solo como subsídio para avaliação da sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Tenente Amaral em Jaciara – Mato Grosso - Brasil / Vanderley Severino dos Santos. -- São Carlos : UFSCar, 2007.

191 f.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2007.

1. Zoneamento ambiental. 2. Análise e planejamento ambiental. 3. Sustentabilidade ambiental. 4. Geoprocessamento. 5. Solos – erosão. 6. Bacias hidrográficas. I. Título.

CDD: 574.5262 (20^a)

Vanderley Severino dos Santos

Análise ambiental integrada do componente solo como subsídio para avaliação da sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Tenente Amaral em Jaciara – Mato Grosso – Brasil

Tese apresentada à Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Aprovada em 06 de julho de 2007

BANCA EXAMINADORA

Presidente



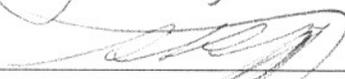
Prof. Dr. Reinaldo Lorandi
(Orientador)

1º Examinador



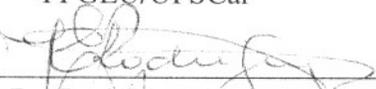
Prof. Dr. José Salatiel Rodrigues
PPGERN/UFSCar

2º Examinador



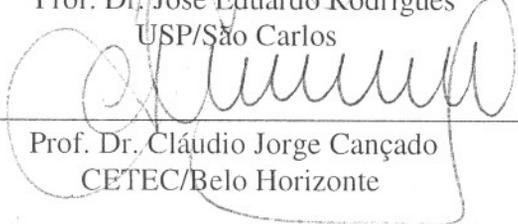
Prof. Dr. Adail Ricardo Leister Gonçalves
PPGEU/UFSCar

3º Examinador



Prof. Dr. José Eduardo Rodrigues
USP/São Carlos

4º Examinador



Prof. Dr. Cláudio Jorge Cançado
CETEC/Belo Horizonte

Para Rosana, Jéssika, Danielle e Geovanna com AMOR.

AGRADECIMENTOS

Obrigado a todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho.

Agradeço de modo especial ao meu orientador Prof. Dr. Reinaldo Lorandi pela orientação e pelas contribuições valiosas a esta pesquisa bem como pela confiança, pela compreensão e pela confortável hospedagem em São Carlos.

Obrigado, Marco Antonio Albano Moreira, pela preciosa contribuição e pelo companheirismo em minhas estadas em São Carlos.

Obrigado, Wilson Conciani, pelo incentivo e pela valiosa colaboração quando do ingresso no PPGERN.

Obrigado, Osvaldo José de Oliveira, pelo incentivo e ajuda nos levantamentos de campo.

Obrigado, Patrícia Motta, pela disposição em colaborar com a viabilização deste trabalho.

Obrigado, Rosana Maria da Silva pela leitura e sugestões ao trabalho.

Agradeço ao Prof. Rupert Carlos de Toledo Pereira, Vice Diretor do CEFETMT, pela valiosa ajuda.

Ao prof. Vangil P. Silva (*in memorian*), não poderia deixar de expressar meus agradecimentos, ainda que póstumos.

A todos os colegas, professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, pela colaboração.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivos aplicar e comparar cinco diferentes metodologias de análise ambiental e produzir cartas temáticas que: caracterizem o meio físico, avaliem a suscetibilidade e o potencial à erosão laminar, determinem a fragilidade ambiental potencial e emergente, avaliem a vulnerabilidade à erosão, estimem as perdas médias de solo e a produção de sedimentos e assim avaliar a sustentabilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Tenente Amaral em Jaciara, Mato-Grosso, Brasil. Para o presente estudo utilizou-se técnicas de geoprocessamento e dados cartográficos sobre os solos, a geologia, a geomorfologia, o clima, a vegetação e o uso do solo da Bacia, convertidos para o formato digital. Os resultados demonstraram que a área estudada apresenta elevado percentual de atividades humanas (84%) predominando o cultivo de cana-de-açúcar. Destacou-se na região o predomínio de solos do tipo LATOSSOLOS e NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS em relevo suave provenientes dos sedimentos inconsolidados areno-argilosos da Formação Cochoeirinha que se apresenta com maior área de ocorrência no local. Com a aplicação das metodologias para o estudo da área verificou-se que aproximadamente 55 % delas apresentam ‘médio a alto potencial’ à erosão laminar; condições naturais de instabilidade ‘forte a muito forte’; equilíbrio na ocorrência de processos de morfogênese e de pedogênese; perdas médias de solos entre ‘altas e muito altas’ e, em relação à produção de sedimentos, verificou-se que a produção estimada é mais acentuada nos locais onde o uso do solo é intensivo, podendo atingir até 0,433 t.ha¹.

Palavras-Chave: Planejamento Ambiental, Análise Ambiental, Geoprocessamento, Suscetibilidade à Erosão, Potencial à Erosão, Vulnerabilidade Ambiental, Fragilidade Ambiental, USLE, MUSLE.

ABSTRACT

This work has as objective to to apply and compare five different methodologies of environmental analysis and to produce maps thematic that: they characterize the environment, they evaluate the susceptibility and the potential to the laminate erosion, they to determine potential the environmental fragility and emergent, they evaluate the vulnerability to the erosion, esteem the average losses of soil and the production of sediments and thus they evaluate the environmental sustainable of the Water-Basin of the River Tenente Amaral in Jaciara, Mato-Grosso, Brazil. For the present study one uses of techniques of Geoprocessing and cartographic data soil, geology, the geomorphology, the climate, the vegetation and the use of the soil of the region of the Basin, converting them for the digital format. The results demonstrated that the studied area presents high percentage of human activities (84%) predominating the sugarcane cultivation. The soil predominance of type LATOSSOLOS and NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS in soft relief was distinguished in the region proceeding from the clay-sand layer unconsolidated sediments of the Cochoeirinha Formation that if presents with bigger area of occurrence in the place. With the application of the methodologies for the study of the area it was verified that approximately 55% of it present average the 'high potential' to the laminate erosion; natural conditions of strong instability 'the very strong one'; balance in the occurrence of processes of morphogenese and pedogenese; average losses of high soil had been classified enter 'and very high' e, in relation to the production of sediments, was verified that the esteem production more is accented in the places where the use of the soil is intensive, being able to reach up to 0,433 t.ha¹.

KeyWords: Environmental Planning, environmental analysis, Geoprocessing, Susceptibility to the Erosion, Potential to the Erosion, environmental Fragility, environmental Vulnerability, USLE, MUSLE.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 2	
FIGURA 2.1.	Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Tenente Amaral (BHTAM) no município de Jaciara, Mato Grosso – Brasil, com perímetro sobreposto na imagem do Satélite CBERS 2..... 32
FIGURA 2.2.	Domínios climáticos do Brasil e principais subtipos..... 34
FIGURA 2.3.	Médias mensais de precipitação pluviométrica (mm) e temperatura do ar (°C)..... 35
FIGURA 2.4.	Fluxo de preparação dos dados para caracterização da área e produção das cartas utilizadas na aplicação das metodologias de análise ambiental na BHTAM..... 36
CAPÍTULO 3	
FIGURA 3.1.	Níveis de compartimentação geomorfológica..... 46
FIGURA 3.2.	Carta de Solos da BHTAM, conforme SIBCS-EMBRAPA (1999)..... 49
FIGURA 3.3.	Cultivo de cana-de-açúcar em NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS (A) e LATOSSOLOS (B); área com pastagens (C) e com cultivo de soja ao lado da estrada (D)..... 51
FIGURA 3.4.	Carta Geológica da BHTAM 56
FIGURA 3.5.	Afloramento de rocha da Formação Furnas 57
FIGURA 3.6.	Extrato do balanço hídrico climatológico mensal da BHTAM..... 63
FIGURA 3.7.	Voçorocas em área próxima a cabeceira do Córrego Brilhante, em local de ocorrência de NEOSSOLOS QUARTZARÊNICO..... 69
FIGURA 3.8.	Erosão em sulcos provocada pelo escoamento superficial nas estradas que cortam os talhões em áreas cobertas por PLINTOSSOLOS..... 70
FIGURA 3.9.	Carta de vegetação e uso atual dos solos da BHTAM..... 73
FIGURA 3.10.	Remanescente de Floresta Estacional Semidecidual (A) e Savana Arborizada - Cerrado strictu sensu (B)..... 75
CAPÍTULO 4	
FIGURA 4.1.	Esquema metodológico para definição das classes de suscetibilidade à erosão laminar e potencial a erosão laminar..... 84
FIGURA 4.2.	Carta de classes de erodibilidade relativa dos solos da BHTAM..... 93
FIGURA 4.3.	Recuperação de uma área de solo arenoso degradada por voçoroca..... 95
FIGURA 4.4.	Carta preliminar de suscetibilidade à erosão laminar da bacia hidrográfica do rio Tenente Amaral..... 96
FIGURA 4.5.	Carta final de suscetibilidade a erosão laminar da BHTAM..... 98
FIGURA 4.6.	Carta de classes de uso e ocupação do solo..... 99
FIGURA 4.7.	Carta de potencial à erosão laminar da Bacia Hidrográfica do Rio Tenente Amaral..... 100
CAPÍTULO 5	
FIGURA 5.1.	Roteiro com as indicações dos cruzamentos para obtenção das cartas de Fragilidade Ambiental Potencial e Emergente..... 111
FIGURA 5.2.	Carta de fragilidade ambiental em relação ao índice de dissecação do relevo na BHTAM..... 113

FIGURA 5.3.	Modelo de Elevação do Terreno, com a divisão das áreas de dissecação Muito Fraca (A) e Fraca (B).....	114
FIGURA 5.4.	Carta de Fragilidade dos Solos frente ao escoamento superficial das Águas pluviais.....	116
FIGURA 5.5.	Carta de Fragilidade Ambiental Potencial da BHTAM resultante dos cruzamentos sucessivos entre as cartas representativas dos fatores índice de dissecação do relevo, solos e erosividade.....	118
FIGURA 5.6.	Grau de Proteção proporcionado aos solos pela vegetação e formas de uso.....	119
FIGURA 5.7.	Carta de Fragilidade Ambiental Emergente.....	122
FIGURA 5.8.	Fragilidade Ambiental nas Unidades ecodinâmicas de instabilidade Emergente (UEIE).....	123
FIGURA 5.9.	Fragilidade Ambiental nas Unidades ecodinâmicas de instabilidade Potencial (UEIP).....	125
CAPÍTULO 6		
FIGURA 6.1.	Modelos numéricos, para os temas Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso do solo e clima, com os valores médios de vulnerabilidade ponderados em função do percentual de participação no interior de cada UTB e modelo numérico final obtido pela média dos valores de vulnerabilidade de cada tema no interior das UTBs.....	134
FIGURA 6.2.	Cores e intervalos de vulnerabilidade/estabilidade usados na definição das classes de vulnerabilidade à erosão.....	135
FIGURA 6.3.	Carta de Vulnerabilidade para o tema Dimensão Interfluvial Média.....	137
FIGURA 6.4.	Carta de Vulnerabilidade para o tema Amplitude Altimétrica do Relevo.....	139
FIGURA 6.5.	Carta de Vulnerabilidade para o tema Declividade.....	140
FIGURA 6.6.	Carta de Vulnerabilidade para o tema Geomorfologia.....	141
FIGURA 6.7.	Carta de Vulnerabilidade para o tema Geologia.....	143
FIGURA 6.8.	Carta de Vulnerabilidade para o tema Solos.....	144
FIGURA 6.9.	Vulnerabilidade para o Tema Vegetação e Uso do solo.....	145
FIGURA 6.10.	Carta de Vulnerabilidade à perda de solos da BHTAM.....	146
CAPÍTULO 7		
FIGURA 7.1.	Valores médios mensais de erosividade em MJ.mm.ha ⁻¹ .h ⁻¹ . ano ⁻¹ na BHTAM.....	161
FIGURA 7.2.	Carta de erodibilidade (fator K) na BHTAM.....	162
FIGURA 7.3.	Carta do fator LS na BHTAM.....	163
FIGURA 7.4.	Carta do Fator CP da BHTAM.....	166
FIGURA 7.5.	Estimativa de perdas médias de solos em t/ha.ano na BHTAM.....	167
FIGURA 7.6.	Carta potencial natural de erosão.....	168
FIGURA 7.7.	Carta da produção de sedimentos da BHTAM.	170
ANEXOS		
ANEXO A1	Modelo Digital de Elevação do Terreno (DEM) com perímetro e drenos principais da bacia hidrográfica do rio Tenente Amaral Sobrepostos.....	179
ANEXO A2	Carta de classes de declividades em porcentagem da BHTAM.....	179
ANEXO A3	Carta de potencial de escoamento superficial dos solos da BHTAM.....	180
ANEXO A4	Carta de classes de comprimento de rampas da BHTAM.....	180
ANEXO A5	Carta de classes de erosividade das chuvas da BHTAM.....	181

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 3		
TABELA 3.1.	Matriz dos índices de dissecação do relevo para escala 1:50.000.....	47
TABELA 3.2.	Área total em km ² e percentual (%) de participação das diferentes classes de solos na BHTAM.....	52
TABELA 3.3.	Área total em km ² e em percentual (%) de ocupação por unidade geológica na BHTAM.....	58
TABELA 3.4.	Balanço Hídrico Climatológico segundo método de Thornthwaite & Mather (1955) para BHTAM.....	61
TABELA 3.5.	Resumo esquemático do ordenamento geomorfológico na BHTAM.....	67
TABELA 3.6.	Área ocupada em km ² e em percentual (%) por forma de uso na BHTAM.....	74
CAPÍTULO 4		
TABELA 4.1.	Classes de erodibilidade relativa das unidades pedológicas.....	85
TABELA 4.2.	Critério de definição das classes de suscetibilidade à erosão laminar por meio da relação erodibilidade X declividade.....	86
TABELA 4.3.	Matriz de decisão adotada na definição das classes de potencial atual à erosão laminar.....	88
TABELA 4.4.	Classes de solos e porcentagens de Areia, Silte e Argila em diferentes profundidades (em cm) do perfil nos pontos de coletas de amostras para análise física e química.....	90
TABELA 4.5.	Área ocupada em quilômetro quadrado (km ²) e porcentagem (%) de participação por classe nas cartas de declividade, erodibilidade, suscetibilidade preliminar, erosividade, comprimento de rampas, suscetibilidade a erosão laminar, classes de uso e potencial a erosão laminar na BHTAM.....	92
CAPÍTULO 5		
TABELA 5.1.	Matriz dos índices de dissecação do relevo.....	108
TABELA 5.2.	Fragilidade das classes de solos.....	109
TABELA 5.3.	Grau de proteção dos tipos de cobertura vegetal.....	110
TABELA 5.4.	Matriz de decisão para definição das classes de fragilidade ambiental.....	112
TABELA 5.5.	Área ocupada em km ² e percentual em relação à classe de fragilidade do índice de dissecação do relevo, classe de fragilidade dos solos, Classe de fragilidade da erosividade das chuvas e Classe de Fragilidade Ambiental Potencial.....	115
TABELA 5.6.	Área ocupada em km ² e percentual por classe referente ao grau de proteção oferecido pela cobertura vegetal e por classe de fragilidade ambiental emergente.....	120
TABELA 5.7.	Área em km ² e percentual ocupada por classe de fragilidade ambiental nas UEIE e classe de fragilidade ambiental nas UEIP.....	124
CAPÍTULO 6		
TABELA 6.1.	Área ocupada em km ² e participação em porcentagem (%) por classe de vulnerabilidade dos temas dimensão interfluvial média, amplitude altimétrica e declividade.....	138

TABELA 6.2.	Área ocupada em km ² e participação em porcentagem(%) por classe de vulnerabilidade dos tem as Geomorfologia, Geologia, Solos e Vegetação e Uso do solo.....	142
TABELA 6.3.	Área ocupada em km ² e participação em porcentagem (%) por classe de vulnerabilidade a erosão.....	147
CAPÍTULO 7		
TABELA 7.1.	Fator erodibilidade (K) dos solos da bacia hidrográfica da BHTAM.....	156
TABELA 7.2.	Valores referentes a integração do fatores C e P da EUPS.....	158
TABELA 7.3.	Resumo estatístico aplicados aos fatores da EUPS.....	161
TABELA 7.4.	Área em km ² e em porcentagem de ocupação por classe dos fatores erosividade das chuvas (R), erodibilidade dos solos (K), comprimento das encostas e declividade ou fator topográfico (LS), potencial natural de erosão; uso, manejo e práticas conservacionistas (CP) e perdas de solos (A) na BHTAM.....	164
TABELA 7. 5.	Resumo estatístico com os valores mínimo, máximo, médio e desvio padrão para produção de sedimentos em toneladas por hectares (t.ha ¹), escoamento superficial (mm), vazão de pico (m ³ /s) e valor CN da bacia hidrográfica do rio Tenente Amaral.....	170
ANEXOS		
ANEXO B1	Escala de valores de vulnerabilidade / estabilidade (V/E) à denudação das rochas mais comuns.....	183
ANEXO B2	Escala de valores de vulnerabilidade / estabilidade (V/E) para a intensidade de dissecação do relevo.....	184
ANEXO B3	Valores de vulnerabilidade / estabilidade (V/E) para a amplitude altimétrica.....	184
ANEXO B4	Valores de vulnerabilidade / estabilidade (V/E) para a declividade das encostas.....	184
ANEXO B5	Valores de vulnerabilidade / estabilidade (V/E) dos solos.....	185
ANEXO B6	Escala de erosividade da chuva e valores de vulnerabilidade / estabilidade (V/E) à perda de solo.....	186
ANEXO B7	Escala de vulnerabilidade / estabilidade para as diferentes formações vegetais e uso antrópico encontrados na BHTAM.....	186
ANEXO C1	Grupos de solos segundo o potencial de escoamento superficial.....	188
ANEXO C2	Valores CN para as condições I, II e III de umidade antecedente.....	188
ANEXO C3	Curvas-número (CN) representando escoamento superficial para as condições de solo, cobertura vegetal e umidade abaixo apresentadas (condições de umidade II e Ia = 0,2 S).....	189

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - Introdução Geral.....	14
1.1 - Análise Ambiental – Contexto, Espaço e Técnicas.....	14
1.2 - Gestão Ambiental – Contexto e Sistemas.....	20
1.3 - Sustentabilidade Ambiental.....	23
1.4 - Objetivos.....	24
1.4.1 - Objetivo Geral.....	24
1.4.2 - Objetivos Específicos.....	25
1.5 - Estrutura do Trabalho.....	26
1.6 – Referências.....	27
CAPÍTULO 2 - Material e Métodos.....	31
2.1 - Área de Estudo.....	31
2.2 - Materiais.....	33
2.3 - Procedimentos Metodológicos.....	37
2.4 - Referências.....	39
CAPÍTULO 3 - Caracterização Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Tenente Amaral - Jaciara, MT - Brasil - Informação Básica Para o Geoplanejamento.....	42
3.1 - Introdução.....	42
3.2 - Metodologia.....	44
3.3 - Resultados e Discussão.....	47
3.3.1 - Caracterização Pedológica.....	48
3.3.2 - Caracterização Geológica.....	55
3.3.3 - Caracterização Climática.....	60
3.3.4 - Caracterização Geomorfológica.....	65
3.3.5 - Caracterização da Vegetação e do Uso do Solo.....	71
3.4 - Conclusões.....	76
3.5 - Referências.....	77
CAPÍTULO 4 - Suscetibilidade e Potencial à Erosão na Microbacia do Rio Tenente Amaral - Jaciara, Mato Grosso, Brasil.....	82
4.1 - Introdução.....	82
4.2 - Metodologia.....	84
4.3 - Resultados e Discussão.....	89
4.4 - Conclusões.....	101
4.5 - Referências.....	102
CAPÍTULO 5 - Análise Empírica da Fragilidade Ambiental Aplicada às Unidades Ecodinâmicas da Bacia Hidrográfica do Rio Tenente Amaral em Jaciara - MT – Brasil.....	105
5.1 - Introdução.....	105
5.2 - Metodologia.....	107
5.3 - Resultados e Discussões.....	112
5.4 - Conclusões.....	125

5.5 - Referências.....	126
CAPÍTULO 6 - Carta de Vulnerabilidade à Erosão da Bacia Hidrográfica do Rio Tenente Amaral em Jaciara, MT - Brasil.....	129
6.1 - Introdução.....	129
6.2 - Metodologia.....	131
6.3 - Resultados e Discussões.....	135
6.4 - Conclusão.....	147
6.5 - Referencias	148
CAPÍTULO 7 - Análise e Espacialização das Perdas Médias de Solo por Erosão Hídrica Laminar e de Aporte de Sedimentos na Bacia Hidrográfica do Rio Tenente Amaral em Jaciara - Mato Grosso, Brasil.....	151
7.1 - Introdução.....	151
7.2 - Metodologia.....	153
7.3 - Resultados e Discussão.....	160
7.4 - Conclusões.....	171
7.5 - Referências	171
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	175
ANEXOS.....	177
ANEXO A.....	178
ANEXO B.....	182
ANEXO C.....	187
ANEXO D.....	190

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL

1.1 - ANÁLISE AMBIENTAL – CONTEXTO, ESPAÇO E TÉCNICAS.

O aumento das atividades antrópicas tem provocado profundas alterações na litosfera, hidrosfera e atmosfera do planeta. Essas mudanças se manifestam na forma de graves impactos ao meio ambiente. Os problemas de degradação ambiental tornaram-se freqüentes com o desenvolvimento industrial e com a urbanização. A sociedade capitalista moderna é caracterizada especialmente por ser voltada à produção e ao acúmulo constante de riquezas. Neste modelo de sociedade, onde o objetivo é crescer a qualquer custo, o incentivo ao consumo aparece em todos os lugares do mundo e em seus diferentes meios de comunicação.

O crescimento da produção econômica mundial estimula o modo de vida caracterizado pelo consumo excessivo, próprio da sociedade moderna, urbana e industrial, que polui a atmosfera com 5,8 bilhões de toneladas/ano de carbono na forma de gás carbônico proveniente da queima de combustíveis fósseis e mais 2,8 bilhões de toneladas/ano provocado pelo desmatamento das florestas tropicais (HELENE, 2002).

Por muito tempo o meio ambiente sofre com a ação humana, que retira da natureza, sem controle ou planejamento, os recursos de que se utiliza para suprir as indústrias que abastecem os mercados mundiais com energia e produtos elaborados e assim satisfazerem as necessidades das “*sociedades de consumo*”. Paradoxalmente, setores desta mesma sociedade, inclusive a comunidade científica, têm exigido cada vez mais das empresas e dos governos esforços no sentido de que a produção e o crescimento econômico sejam compatibilizados com condições ambientais que permitam a manutenção e a continuidade da vida no planeta.

Segundo La Rovere (2001), a tomada de consciência da sociedade por esta compatibilização exige a implantação de padrões de qualidade ambiental e que preocupações ambientais sejam incorporadas aos programas de governos através de ações preventivas, corretivas e ou alternativas inseridas no modelo de desenvolvimento adotado. Porém, Lanna (1995) já havia destacado que a falta de definição dos papéis e a desarticulação entre os agentes

sociais, nas diferentes esferas administrativas, envolvidas no processo de gestão das atividades de produção que utilizam os recursos naturais geram deficiências que também conduzem a problemas ambientais.

A implantação sistematizada de processos de Gestão Ambiental tem sido uma das respostas das empresas, privadas e públicas, às pressões da sociedade. Esses processos muitas vezes visam promover a conscientização dos diversos atores sociais das comunidades envolvidas, a fim de incentivar a adoção de práticas de produção compatíveis com a proteção do meio ambiente. No âmbito interno das corporações têm se adotado, entre outras, as normas da International Organization for Standardization (ISO14000) que estabelecem diretrizes para a área de gestão ambiental, ou as chamadas 'tecnologias limpas' que são novos processos industriais ou alterações dos existentes que buscam reduzir os impactos ambientais e, principalmente, o consumo de energia e matérias-primas utilizadas na produção.

A Gestão Ambiental, segundo Lavorato (2004) é um conjunto de regras de ações e procedimentos que vão desde a escolha das melhores técnicas de produção até o cumprimento da legislação e a alocação correta de recursos humanos e financeiros para ordenar as atividades humanas, a fim de que tragam menos impactos ao meio e assim preservem a integridade dos meios abiótico, biótico e social. Souza (2000) acrescenta que na legislação, na política ambiental com seus diversos instrumentos e na participação popular a gestão ambiental encontra suas ferramentas de ação.

Para que a gestão ambiental seja aplicada de maneira eficiente, faz-se necessário a caracterização ambiental do local e da(s) atividade(s) ali desenvolvida(s); em seguida, realiza-se a análise ambiental. Tais estudos permitem o planejamento das atividades e de medidas mitigadoras bem como a proposição, instalação e operação de uma rede de monitoramento.

A caracterização ambiental é um procedimento da gestão ambiental, na qual são estabelecidas as aptidões, as potencialidades, as fragilidades, a vulnerabilidade e as suscetibilidades naturais dos fatores ambientais (físico, biótico e antrópico), ou seja, é elaborado um diagnóstico da realidade local e realizada uma projeção de tendências.

Para Ab'Saber (1994), a caracterização ambiental é relevante para a previsão de impactos ambientais, pois apresenta informações sobre uma determinada região e o delineamento da área de influência afetada ou a ser, direta ou indiretamente, pelos empreendimentos ali desenvolvidos. Entretanto Souza (2000) ressalva que apenas a caracterização ambiental é insuficiente, porém é necessária, pois contribui com informações sistematizadas, para que as

ações de gestão possam surtir efeitos e, assim, possam colaborar de fato com a adequação do desenvolvimento econômico - em que se inclui a apropriação dos recursos ambientais necessários à boa qualidade do ambiente e da vida.

Em um sistema de gestão, a análise ambiental vem após a caracterização do local e das atividades e visa analisar a viabilidade ambiental dos empreendimentos. Durante a análise, os fatores ambientais são contemplados frente às prováveis pressões ou impactos provenientes das etapas da atividade em questão, desde o projeto até mesmo a sua possível desativação, para que o seu funcionamento esteja de acordo com as premissas da sustentabilidade (SOUZA, 2000).

A análise ambiental é entendida como uma avaliação minuciosa e precisa de um sistema ambiental obtida com uso de critérios quantitativos e/ou qualitativos sobre as características de seus elementos componentes bem como dos processos e interações que ocorrem no local, visando compreender sua gênese e determinar suas peculiaridades. Esta etapa do planejamento necessita de inúmeros dados ambientais que se constituem no elemento primário para a análise ambiental. Conforme destaca Paese (1997), o conhecimento ou análise do ambiente em questão deve anteceder quaisquer planos ou alternativas propostas para uma área.

Para Rocha (2002), a análise ambiental parte da investigação de processos naturais, visando estabelecer relações com processos e estruturas sociais. Ela tem por objetivo diagnosticar e prognosticar riscos e potencialidades ambientais em relação à sociedade. O potencial de informações que podem ser abstraídas dessa análise torna-se cada vez mais uma prática imprescindível para os estudos dessa natureza, tendo em vista a necessidade de monitoramento de áreas que estão sujeitas as constantes intervenções humanas.

A análise das condições ambientais permite conhecer um ambiente de uma forma diretamente voltada para a utilização racional dos recursos físicos, bióticos e sócio-econômicos nele disponíveis. A análise ambiental serve então como subsídio ao Zoneamento Sócio - Econômico - Ambiental, ao planejamento e também à gestão ambiental (SPÖRL, 2001).

A caracterização dos ambientes naturais e a identificação de suas potencialidades e vulnerabilidades ajudam na definição das diretrizes e ações a serem implantadas. Ross (1995) ressalta que as análises ambientais dão excelentes suportes técnico-científicos para elaboração de zoneamentos ambientais e sócio-econômicos, esses por sua vez auxiliam o planejamento estratégico em qualquer nível de gerenciamento ou de governo e em qualquer território político-administrativo, inclusive em bacias hidrográficas.

Para o uso racional dos recursos naturais em bacias hidrográficas é necessário o conhecimento prévio de suas características sócio-ambientais. Segundo Ranzini et al. (2004), as microbacias são ideais para a avaliação dos impactos causados pela ação antrópica e para a caracterização do seu meio físico. Estes procedimentos visam reconhecer as áreas críticas e com potencial de uso, e assim orientam a adoção de manejos que permitem a conservação da água. Para Lanna (1995), o manejo correto de microbacias hidrográficas protege a água, o solo e demais recursos ambientais essenciais à sustentabilidade das atividades econômicas, permitindo o controle da degradação ambiental desde a montante até a jusante da microbacia e desta forma promove a equidade social na utilização dos recursos naturais.

A bacia hidrográfica é uma área, que pode apresentar diferentes formas e tamanhos, no seu interior a água escoam dos divisores, parte mais alta da bacia, em direção à seção de controle ou exutório. Nas bacias hidrográficas a água drena para um único ponto de saída, todos os corpos d'água dentro da mesma bacia escoam para o exutório, portanto, conforme destaca Saito (2001) no interior da bacia todos os componentes encontram-se naturalmente interligados pela conformação dada pelo relevo, que transporta elementos desde os divisores de água até as partes mais baixas da bacia.

São várias as características que conferem à bacia hidrográfica o status de unidade ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais. Assad e Sano (1993) destacam que a bacia hidrográfica é a unidade geográfica dinâmica que contribui com o escoamento a um ponto comum, a jusante do rio e a indicam como unidade básica para o planejamento e execução de programas de gestão dos recursos hídricos. Para Machado (2002), as bacias hidrográficas são unidades físicas caracterizadas como uma área de terra drenada por um determinado curso d'água e limitada, perifericamente, pelo chamado divisor de águas.

Sendo assim, entende-se que a bacia hidrográfica é a unidade básica ideal para a análise ambiental, pois permite conhecer e avaliar seus múltiplos componentes e os processos e interações que ocorrem no seu interior. A visão sistêmica e integrada do ambiente fica subentendida na adoção da bacia hidrográfica como unidade fundamental de análise.

Para Moraes (2003) a bacia hidrográfica traz consigo o conceito de integração ambiental, sendo que seu uso e sua aplicação para estudos que tratem de problemas ambientais são considerados de fundamental importância, pois a mesma contém informações físicas, biológicas e sócio-econômicas inter-relacionadas.

Entretanto, existe também o entendimento que a bacia hidrográfica não é a unidade mais adequada para estudos que envolvem análises sócio-econômicas e de fenômenos ambientais voltados para flora e fauna, pois a dinâmica de populações e comunidades, nesses casos, vai além dos limites da bacia hidrográfica conforme destacam Saito (2001) e Pires; Santos; Del Prette (2002).

Apesar desta inadequação Resende et al. (1997) ressaltam que as pequenas bacias de drenagem constituem-se em uma unidade natural básica, e isto, permite o detalhamento progressivo dos seus elementos em estudo sem ocorrer a perda do sentido de conjunto e que a interdependência dos atributos bióticos e abióticos no interior da bacia sugere localizar naturalmente as possíveis soluções para os problemas de conservação dos recursos naturais no interior desta. Embora haja discordâncias, para estes autores, a bacia de drenagem deve corresponder à unidade fundamental de aplicação dos trabalhos voltados para a conservação dos componentes do meio ambiente.

Para a análise ambiental dessa unidade de planejamento, a bacia hidrográfica é fundamental a adoção de procedimentos de análise ambiental com apoio do geoprocessamento, principalmente os Sistemas de Informações Geográficas e o Sensoriamento Remoto. Estas técnicas oferecem rapidez na obtenção dos resultados que ajudam na tomada de decisões para o planejamento ambiental e ao gerenciamento dos recursos bem como para a apresentação de soluções de problemas de erosão dos solos, desmatamento, uso adequado dos recursos hídricos e outros aspectos ambientais.

As definições para este conjunto de tecnologias denominado de geoprocessamento ainda são bastante discutidas e divergentes; opta-se neste trabalho pela conceituação dada a seguir por considerar-se que ela denota amplamente os aspectos técnicos e humanos envolvidos em sua utilização, sendo assim o geoprocessamento é definido como:

Uma tecnologia transdisciplinar, que, através da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais georreferenciados (ROCHA 2002, p. 210).

As atividades em geoprocessamento que envolvem representações fidedignas de dados do mundo real e executadas em sistemas computacionais apropriados são chamadas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Segundo Assad e Sano (1993), a utilização de um SIG permite o zoneamento de áreas de maneira mais eficiente do que os métodos tradicionais que são mais onerosos e de difícil manipulação. Para Silva, J. (1992), o uso dos Sistemas Geográficos

de Informação permite ganhar conhecimento sobre as relações entre fenômenos ambientais, estimando áreas de risco, potenciais ambientais e definindo zoneamentos. Segundo Silva, A. (2003), os SIGs compõem o universo das geotecnologias e neles ocorrem a convergência de campos tecnológicos e disciplinas tradicionais e são comumente aceitos como tecnologia que dispõe do ferramental necessário para realizar análises com dados espaciais e, oferece, ao ser implementada, alternativas para o entendimento da ocupação e utilização do meio físico.

Segundo Rosa (2005), reportando ao geoprocessamento, cita que este conjunto de geotecnologias, inclusive os SIGs, compostas por soluções em *hardware*, *software* e *peopleware*, juntos constituem poderosas ferramentas para tomada de decisões que podem ser usadas para coleta, processamento, análise e oferta de informações espacialmente georreferenciadas. Conforme Turner e Carpenter (1998), citados por Valente e Vetorazzi (2005) o sensoriamento remoto e a análise espacial em conjunto com os sistemas de informações geográficas (SIGs) são técnicas essenciais em Ecologia da Paisagem, pois, podem caracterizar, no tempo e espacialmente, o uso e a cobertura do solo, para posterior aplicação dos índices de análise espacial.

De acordo com Valente e Vetorazzi (2002), na prática de Ecologia da Paisagem, preliminarmente, faz-se uma caracterização da paisagem e, o geoprocessamento, representado pelo sensoriamento remoto e pelo sistema de informações geográficas, vêm assumindo papel estratégico nesse ramo da ciência. Esses mesmos autores destacam ainda que o sucesso da aplicabilidade do sensoriamento remoto deve-se principalmente a multiespectrabilidade, da visão sinóptica e a repetitividade, que permitem uma melhor caracterização dos atributos de uma paisagem. Além disso, os sistemas de informações geográficas têm-se destacado pela sua capacidade de interação e análise dos diferentes planos de informações que caracterizam paisagens.

Enfim, o tratamento da questão ambiental no Brasil e no Mundo vem assumindo grande importância. Instituições de pesquisa e sociedade em geral têm se envolvido diretamente com o problema, e assim, conforme considerações de Pereira (2004) têm surgido com grande relevância a necessidade de metodologias que forneçam subsídios para o planejamento e tomada de decisões mais precisas, adequadas e ágeis, porém, com visão mais efetiva quanto à incorporação do componente ambiental, no processo de gestão.

1.2 – GESTÃO AMBIENTAL – CONTEXTO E SISTEMAS

As dificuldades demonstradas pelo Estado para fiscalizar e fazer cumprir a legislação ambiental e conter a corrupção nos órgãos ambientais, tanto na esfera federal como na estadual e a resistência de empresários e gestores em cumprir estas leis têm contribuído para o aumento da degradação ambiental. Uma das maneiras de reverter este quadro de degradação seria desde que haja “vontade política”, pela identificação dos usos transgressivos e imputação de responsabilidades aos transgressores da legislação.

Neste sentido, Moraes e Lorandi (2004) relatam que o desrespeito à legislação ambiental brasileira, bem como a ausência de leis específicas para a proteção do Cerrado torna inevitável a degradação dos recursos naturais nas áreas de abrangência desse bioma. Desta forma, estes autores em estudos voltados para a análise da efetividade da legislação ambiental brasileira no processo de ocupação de bacias hidrográficas, no caso a bacia do Rio Bonito (SP), propõem a utilização da ‘carta de legislação ambiental’, acreditado que seu uso como ferramenta de apoio a gestão ambiental pode direcionar as atividades antrópicas e assim garantir a integridade das áreas legalmente protegidas. Além disso, os referidos autores ressaltam que a confrontação desta carta com a ‘carta de uso do solo’ indica as áreas aonde a degradação dos recursos naturais é mais acentuada.

Embora ocorra desrespeito às leis, ações de proteção ao meio ambiente constituem-se em preocupação para alguns segmentos específicos da sociedade, empresas, governos e opinião pública. O nível de degradação ambiental verificado nos últimos anos trouxe para as organizações a necessidade de planejar ações que visem harmonizar suas atividades com a manutenção do equilíbrio ambiental. Segundo Franco (2001), a busca das empresas de várias partes do mundo por soluções para o enquadramento nos padrões de conservação ambiental deram origem aos chamados ‘selos verdes’, uma das primeiras iniciativas realizadas no início dos anos 70 com a aplicação de princípios de gerenciamento ambiental condizentes com o ‘desenvolvimento sustentável’.

Com o objetivo de viabilizar elementos de um sistema da gestão ambiental (SGA) eficiente e capaz de auxiliar as organizações a atingir metas ambientais e econômicas, foi proposta, durante a ECO-92, por diferentes organizações internacionais dos variados ramos de atividades, a normalização dos processos produtivos em relação à variável ambiental. Assim, em

1996, após sucessivos debates foi criada a Série ISO 14000 da Organização Internacional para Padronização (*International Standardization Organization - ISO*) composta por diferentes Normas Ambientais. A série 14000 é um marco nesse contexto: produção X ambiente, pois tem no Planejamento um de seus requisitos para desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental.

A NBR ISO 14000 é uma norma adotada pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), que vem sendo utilizada por organizações para o gerenciamento de suas atividades de modo a antecipar e prevenir situações que possam causar problemas ambientais e danos, acidentes ou doenças ocupacionais. Atualmente a NBR ISO 14000:1996, encontra-se em processo de transição para a NBR ISO 14001:2004.

A NBR ISO 14001:2004 estabelece as normas referentes a um sistema da gestão ambiental para o desenvolvimento e implantação de políticas e objetivos com base na legislação e em preceitos ambientais para as corporações, aplicada aos aspectos ambientais que a empresa identifica como sob seu controle e/ou sob sua influência. Qualquer sistema da gestão ambiental pode incorporar os itens desta Norma.

Segundo Coltro (2005), as empresas que implantam o sistema de gestão ambiental ISO14001 o fazem no âmbito de um SGA (Sistema de Gerenciamento Ambiental). A adoção desse sistema permite que a organização processualmente possa gerenciar seu desempenho ambiental baseada na norma e cuja implantação passa por cinco fases: Política ambiental da empresa; Planejamento; Instalação e operação do Plano de Gestão Ambiental; Avaliação e medição do desempenho ambiental da empresa e Análise crítica.

O primeiro princípio, Política ambiental, apresentado na NBR Série ISO 14001, é avaliado por Nicolella (2004) como a declaração da organização, expondo suas intenções e princípios em relação ao seu desempenho ambiental global, que vislumbra uma estrutura para a ação e definição de seus objetivos e metas ambientais. Estabelece, dessa forma, um senso geral de orientação e os princípios de ação para a organização.

Para cumprir sua Política Ambiental, o segundo princípio contido na Série ISO 14001 recomenda que seja elaborado pela organização um Plano de Ação/Planejamento para que a empresa viabilize seus objetivos e metas estabelecidas; o cronograma de implantação; os recursos necessários; as atribuições e responsabilidades. Este plano deve estar integrado ao plano estratégico da empresa e deve contemplar os seguintes tópicos: aspectos ambientais; requisitos legais e outros requisitos; objetivos e metas; e programas de gestão ambiental.

No terceiro princípio, é recomendada para a efetiva implantação da Série ISO 14001 que a empresa defina e documente as funções, responsabilidades e autoridades para que assim: garanta os recursos necessários às ações; promova e integre os elementos do SGA; defina as responsabilidades; promova a conscientização e motivação dos empregados; haja a realização de treinamentos; proceda a comunicação interna entre vários níveis e funções da organização; sejam realizadas comunicações pertinentes com as partes interessadas externas, assegure que os requisitos do SGA sejam estabelecidos, implementados e mantidos e, por fim, sejam feitos os relatos à alta administração sobre o desempenho do sistema de gestão ambiental, a fim de subsidiar a análise crítica e servir de base para o aprimoramento do SGA.

No quarto princípio da norma, pede-se que sejam criadas as condições de se averiguar se a empresa está operando de acordo com o programa de gestão ambiental previamente definido, identificando aspectos não desejáveis e mitigando quaisquer impactos negativos, além de tratar das medidas preventivas. A Verificação e Ação Corretiva são etapas orientadas por quatro características básicas do processo de gestão ambiental: Monitoramento e Medição, Não-conformidades e Ações Corretivas e Preventivas, Registros e Auditoria do SGA (NICOLELLA, 2004).

Segundo Richard Júnior (2006), no quinto princípio da norma deve-se analisar criticamente o sistema de gestão ambiental, para assegurar sua conveniência, adequação e eficácia contínuas; abordar a eventual necessidade de alterações na política, objetivos e outros elementos do sistema de gestão ambiental, de conformidade com os resultados das auditorias, da mudança das circunstâncias e do comprometimento com a melhoria contínua.

Outra opção que vem sendo adotada por várias empresas visando promover a redução dos impactos ambientais é a adoção de novos sistemas de produção denominados de Tecnologias limpas. Esta se caracteriza pela aplicação continuada de estratégias, que tragam benefícios ambientais, à saúde ocupacional e econômicos. Estas estratégias devem ser integradas aos processos de produção e aos produtos, visando aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, por meio da não geração, minimização ou reciclagem dos resíduos e emissões geradas durante o processo produtivo.

Uma tecnologia é considerada limpa à medida que esta atenda a quesitos que tragam conjuntamente benefícios sociais, econômicos e ambientais. Conforme foi proposto pela Agenda 21 (1992) em seu capítulo 34, as tecnologias limpas devem atender aos seguintes objetivos:

(a) Ajudar a garantir o acesso, em particular dos países em desenvolvimento, à informação científica e tecnológica, inclusive à informação sobre as tecnologias mais modernas; (b) Promover, facilitar e financiar, quando apropriado, o acesso e a transferência de tecnologias ambientalmente saudáveis, assim como do conhecimento técnico-científico correspondente, em particular para os países em desenvolvimento, em condições favoráveis, inclusive em condições concessórias e preferenciais, mutuamente combinadas, levando em consideração a necessidade de proteger os direitos de propriedade intelectual, assim como as necessidades especiais dos países em desenvolvimento para a implementação da Agenda 21; (c) Facilitar a manutenção e a promoção de tecnologias autóctones ambientalmente saudáveis que possam ter sido negligenciadas ou deslocadas, em especial nos países em desenvolvimento, prestando particular atenção às necessidades prioritárias desses países e considerando os papéis complementares do homem e da mulher; (d) Apoiar a fortalecimento institucional e técnica endógena, em particular nos países em desenvolvimento, de modo que estes possam avaliar, adotar, gerenciar e aplicar tecnologias ambientalmente saudáveis. Isto pode ser conseguido, *inter alia*, por meio de: (i) Desenvolvimento dos recursos humanos; (ii) Fortalecimento da capacidade institucional de pesquisa e desenvolvimento e implementação de programas; (iii) Avaliações setoriais integradas das necessidades tecnológicas, em conformidade com os planos, objetivos e prioridades dos países, tal como previstos na implementação da Agenda 21 no plano nacional; (e) Promover parcerias tecnológicas de longa duração entre os proprietários de tecnologias ambientalmente saudáveis e possíveis usuários (AGENDA 21 cap. 34).

De acordo com SENAI-RS (2003), a implantação de um Programa de Produção mais Limpa traz para as empresas benefícios ambientais e econômicos que resultam na eficiência global do processo produtivo, através de: eliminação dos desperdícios; minimização ou eliminação de matérias-primas e outros insumos impactantes para o meio ambiente; redução dos resíduos e emissões; redução dos custos de gerenciamento dos resíduos; minimização dos passivos ambientais; incremento na saúde e segurança no trabalho. E ainda contribui para melhorar a imagem da empresa; aumentar a produtividade; promover a conscientização ambiental dos funcionários; reduzir gastos com multas e outras penalidades.

1.3 – SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

Sustentabilidade Ambiental pode ser entendido como a capacidade do planeta Terra em sustentar, manter a vida e continuar existindo como um sistema formado por elementos que se inter-relacionam e atuam como unidades que se complementam e se apresentam em condição de interdependência.

Segundo Bunce et al. (1993) o conceito de sustentabilidade é fundamental quando avaliamos sistemas que compõem o planeta, entretanto, o conceito de sustentabilidade para ter sentido carece de um campo referencial no qual ele é utilizado.

Então, pode-se definir como ‘ambiente sustentável’ aquele onde a base física e a capacidade suporte dos ecossistemas foram melhoradas ou conservadas, sendo assim, a sustentabilidade ambiental existe quando se tem estabilidade nos ecossistemas. Santos (2004) destaca que havendo diversidade de espécies, teias alimentares complexas e fluxo de energia e nutrientes entre organismos e entre esses e o ambiente ocorrerá a manutenção da produção de biomassa e da estrutura de qualquer ecossistema por longo período de tempo e assim haverá estabilidade.

Peña (1995) por sua vez destaca que para que haja sustentabilidade o ambiente deve manter com o passar dos tempos as características essenciais dos elementos componentes e as interações ali processadas de forma indefinida.

A sustentabilidade ambiental de um sistema ou de um ou mais de seus componentes é avaliada por meio de indicadores ambientais que representam a situação estudada em um dado momento. Entre esses indicadores encontram-se as perdas de solos (t/ha.ano), o desmatamento (ha/ano), o estado nutricional do solo entre outros.

1.4 – OBJETIVOS

1.4.1 - Objetivo Geral

O objetivo principal deste estudo é aplicar diferentes metodologias de análise ambiental para o diagnóstico e prognóstico dos riscos e potencialidades ambientais do componente solo frente a fatores naturais e intervenção antrópica na alta Bacia Hidrográfica do Rio Tenente Amaral (BHTAM) em Jaciara – MT, Brasil, utilizando recursos do geoprocessamento.

1.4.2 - Objetivos Específicos

Gerar informações espaciais sobre o meio físico e a dinâmica do uso dos solos; caracterizar; analisar e fornecer dados georreferenciados espacialmente para apoiar o planejamento ambiental, bem como fornecer indicadores para avaliar se o uso atual dos solos na alta bacia hidrográfica do Rio Tenente Amaral em Jaciara – MT é ecologicamente sustentável.

Contribuir com informações que levem ao entendimento dos processos erosivos e à identificação dos riscos ambientais e, assim, subsidiar o planejamento territorial e a escolha de práticas agrícolas mais adequadas para a área estudada.

Produzir cartas temáticas demonstrando a suscetibilidade e o potencial à erosão laminar na alta Bacia do Rio Tenente Amaral em Jaciara – MT.

Determinar, cartografar e analisar a fragilidade ambiental nas unidades ecodinâmicas de instabilidades emergente e potencial da alta bacia hidrográfica do rio Tenente Amaral em Jaciara - Mato Grosso, Brasil com a aplicação da metodologia denominada: análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais, utilizando informações e dados de relevo, solos, uso atual, vegetação e erosividade das chuvas.

Estimar as perdas médias de solo por erosão laminar e mapear os fatores da EUPS na alta bacia hidrográfica do rio Tenente Amaral, em Jaciara - Mato Grosso, Brasil, bem como, o aporte de sedimentos com a aplicação da Equação Universal de Perda de Solos Modificada (MUSLE).

Gerar para o local da pesquisa uma carta de vulnerabilidade às perdas de solos com o auxílio dos produtos de sensoriamento remoto e informações cartográficas sobre os temas: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso do solo e clima.

Comparar e analisar os resultados e avaliar as limitações e as vantagens dos diferentes métodos de análise ambiental e técnicas usadas no presente estudo.

1.5 - ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta tese traz em seu primeiro capítulo uma abordagem geral sobre a questão ambiental, buscando contextualizar a análise ambiental e justificar a sua utilidade para aplicação nos Sistemas de Gestão Ambiental.

Busca demonstrar também que a bacia hidrográfica constitui-se local ideal para a realização de estudos voltados para conservação do meio ambiente e propõe o uso do geoprocessamento como ferramenta que facilita a manipulação de dados espaciais e permite a análise ambiental integrada por meio da construção de cenários.

Apresenta, de forma introdutória, como sugestão, alternativas que auxiliam na fiscalização dos usos transgressivos à legislação (carta de legislação ambiental) e na implantação de um sistema de gestão ambiental (a Norma ISO 14001 e as chamadas Tecnologias Limpas que visam promover produtos com qualidade ambiental superior a outros da mesma categoria por meio de certificados, podendo ser aplicadas tanto por indústrias como por propriedades rurais). O tema sustentabilidade ambiental é também discutido neste primeiro capítulo.

No segundo capítulo, caracteriza-se sucintamente a área de estudo, lista-se os principais materiais e equipamentos utilizados para a consecução da pesquisa e aborda-se de forma resumida as metodologias de análise ambiental.

Já no capítulo 3, busca-se realizar uma caracterização dos principais componentes do meio físico e das formas de uso antrópico encontradas na alta bacia hidrográfica do rio Tenente Amaral (BHTAM), local da pesquisa.

Os capítulos seguintes mostram e discutem os resultados da aplicação das diferentes metodologias de análise ambiental escolhidas para compor o estudo.

Ao final são feitas algumas considerações relativas às comparações entre as cartas obtidas com a aplicação das metodologias de análise ambiental.

1.6 - REFERÊNCIAS

AB'SABER, A . N. Bases conceituais e papel do conhecimento na previsão de impactos, in: **Previsão de Impactos - Experiências no Brasil, Rússia e Alemanha - MULLER-PLANTENBERG, C. e AB'SABER A .N. (org) - - IEA-EDUSP - São Paulo. p. 27 a 49, 1994.**

AGENDA 21 GLOBAL. **Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e desenvolvimento (CNUMAD)**, Rio de Janeiro, 1992.

ASSAD E. D. & SANO, E. E. **Sistemas de Informações Geográficas: aplicações na agricultura.** Embrapa. Brasília, 1993.

BUNCE, R.G.H.; RYSZKOWSKI, L.; PAOLETTI, R.M.G. **Landscape Ecology and Agroecosystems.** Boca Raton, Lewis Publishers, London, 1993.

COLTRO, A. **Sistema de Certificação ISO 14000: Ganhos Competitivos, Seminários em Administração FEA-USP 11 e 12 de Agosto de 2005.** Disponível em: <<http://www.ead.fea.usp.br/Semead/8semead>>. Acesso em 16/04/2007>.

FRANCO, M.A.R. (2001). **Planejamento ambiental para a cidade sustentável.** São Paulo: Ed. FURB. Annablume. Fapesp. 296 p.

HELENE, M.E.M. **Florestas: Desmatamento e destruição.** 1ª. São Paulo: Scipione, 1996/2001. 79 p. (Ponto de apoio).

LANNA, A.E.L. **Gerenciamento de bacia hidrográfica: aspectos conceituais e metodológicos** Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1995. 171 p: il. (Coleção meio ambiente).

LA ROVERE, E.L. **Instrumentos de planejamento e gestão ambiental para a Amazônia, cerrado e pantanal: demandas e propostas: metodologia de avaliação de impacto ambiental,** Brasília : Ed. IBAMA, 2001. 54p. ; 29,7cm. (Série meio ambiente em debate ; 37).

LAVORATO, M.L. de A. **As vantagens do benchmarking ambiental.** Revista Produção on Line, Florianópolis, v.4, n.2, abril 2007. Disponível em:< http://www.producaoonline.ufsc.br/v04n02/artigos/PDF/101_2003.pdf>. Acesso em 15/04/2007.

MACHADO, R. E. **Simulação de escoamento e de produção de sedimentos em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento.** 2002. 154 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2002. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11143/tde-10072002-161200/> > Acesso em 20/08/2006.

MORAES, M.E.B. de. **Zoneamento ambiental de bacias hidrográficas:** uma abordagem metodológica aplicada na bacia do Rio Bonito (SP), 2003. 130 f. Tese (Doutorado em Ciências) – PPGERN/UFSCAR, Universidade Federal de São Carlos, 2003.

MORAES, M. E. B.; LORANDI, R.; Análise da efetividade da legislação ambiental no processo de ocupação de bacias hidrográficas. O caso da bacia do Rio bonito (SP). **Revista de Direito Ambiental**, São Paulo-SP, v. 9, n. 36, p. 151-167, 2004.

NICOLELLA, G. **Sistema de gestão ambiental:** aspectos teóricos e análise de um conjunto de empresas da região de Campinas, SP / GILBERTO NICOLELLA, JOÃO FERNANDES MARQUES, LADISLAU ARAÚJO SKORUPA. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 42p.- (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 39). Disponível em < http://www.cnpma.embrapa.br/download/documentos_39.pdf > Acesso em 15/02/2007.

PAESE, A. **Caracterização e análise ambiental do campus da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, SP.** 1997. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 1997

PENÃ. R.P.; Indicadores de sustentabilidade na agricultura. In: Curso de agricultura ecológica. Comissão técnica de agricultura ecológica, **Anais**, Campinas, 1995. 210p.

PEREIRA, L.C. **Avaliação da aptidão agrícola das terras:** proposta metodológica - LAURO CHARLET PEREIRA, FRANCISCO LOMBARDI NETO - Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 36 p. - (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 43). Disponível em < http://www.cnpma.embrapa.br/download/documentos_39.pdf > Acesso em 10/01/2007.

PIRES, J. S. R. ; SANTOS, J.E. dos; PRETTE, M. E. Del . A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais. In: SCHIAVETTI; CAMARGO. (Org.). **Conceito de Bacia Hidrográfica:** Teoria e Aplicações. 1 ed. Ilhéus: Editus/UESC, 2002, v. 1, p. 17-35.

RANZINI, M. ; RIGHETTO, A. M. ; LIMA, W. P. ; GUANDIQUE, M. E. G. ; ARCOVA, F. C. S. ; CICCIO, V. Processos Hidrológicos de uma Microbacia com Mata Atlântica, na Região da Serra do Mar, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, v. 66, p. 108-119, 2004. Disponível em < <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr66/cap11.pdf> >. Acesso em 10/02/2007.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia: Base Para A Distinção de Ambientes**. 2. ed. VIÇOSA, MG: NEPUT - NUCLEO DE ESTUDO E PLANEJAMENTO DO USO DA TERRA, 1997. 334 p.

RICHARD JÚNIOR L. **Modelo para Implementação de Sistema Integrado de Gestão Ambiental para a Carcinicultura Marinha**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006. Disponível em <<http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/12378.pdf>>. Acesso em 05/03/2007.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento – Tecnologia Transdisciplinar**. Juiz de Fora, MG: Ed. Do Autor, 2002, 220 p.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, São Paulo, v. 16, p. 81-90, 2005. Disponível em <http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/RDG/RDG_16/Roberto_Rosa.pdf>. Acesso em 12/02/2007.

ROSS, J. L. S. Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Geografia**, v. 9, p. 65-75. 1995.

SAITO, C. H. . Gestão de Bacias e Participação. In: Ana Lúcia Tostes de Aquino Leite; Naná Mininni-Medina. (Org.). **Educação Ambiental: curso básico a distância volume 5 - Gestão de Recursos Hídricos em Bacias Hidrográficas sob a Ótica da Educação Ambiental**. 2 ed. Brasília: MMA, 2001, v. 5, p. 29-46.

SANTOS; R.H.S.; **Princípios ecológicos para a agricultura**, Viçosa: UFV. 2004.

SENAI.RS. **Implementação de Programas de Produção mais Limpa**. Porto Alegre, Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS/ UNIDO/INEP, 2003. 42 p. il. Disponível em <http://srvprod.sistemafiergs.org.br/portal/page/portal/sfiergs_senai_uos/senairs_uo697/proximos_cursos/implementa%E7%E3o%20PmaisL.pdf>. Acesso em 03/03/2007.

SILVA; J. X. da. Geoprocessamento e Análise Ambiental. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, 54 (3) 1992. p 47-61.

SILVA, A. B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: Conceitos e Fundamentos**. Campinas : Unicamp, 2003, v.1. p.236.

SOUZA, M. P. **Instrumentos de gestão ambiental: Fundamentos práticos**. São Carlos: Riani Costa, 2000.

SPÖRL, C. **Análise da Fragilidade Ambiental Relevo-Solo com Aplicação de Três Modelos Alternativos nas Altas Bacias do Rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata.** 2001, Dissertação (Mestrado em Geografia). São Paulo: FFLCH – USP, 2001.

VALENTE, R. O. A; VETTORAZZI, C. A. Análise da estrutura da paisagem na Bacia do Rio Corumbataí, SP. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 62, p. 114-129, 2002. Disponível em <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr62/cap10.pdf>>. Acesso em 22/02/2007.

VALENTE, R. O. A; VETTORAZZI, C. A. Avaliação da estrutura florestal na bacia hidrográfica do rio Corumbataí, SP. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 68, p. 45-57, 2005. Disponível em <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr68/cap05.pdf>>. Acesso em 22/02/2007.

CAPÍTULO 2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está situada na região do divisor de águas entre as bacias do Paraná e Araguaia/Tocantins, abrange as sub-bacias dos Córregos Amaral e Brillante, formadores do Rio Tenente Amaral, afluente do Rio São Lourenço, que deságua no rio Cuiabá, o qual pertence à bacia do Paraguai/Paraná. Está localizada no município de Jaciara, na região Centro-Sul do Estado de Mato Grosso, Brasil, entre as coordenadas geográficas: 15,8°S a 16,0°S e 55,05°W a 55,35°W, apresenta área de aproximadamente 339,56 km² (Figura 2.1).

A área está inserida na bacia do Paraná, entre as cotas altimétricas 400 a 810m. As rochas que compõem o substrato dessa região estão representadas principalmente pelas Formações Furnas, Cachoeirinha e Ponta Grossa (GONÇALVES E SCHINEIDER, 1970). Nessa região são encontrados relevos característicos dos compartimentos superior e intermediário da Unidade Geomorfológica Planalto dos Guimarães (ROSS e SANTOS, 1982).

O tipo climático da região é tropical quente e semi-úmido/subúmido, com média superior a 18° C em todos os meses. Conforme critérios de classificação climática propostos por Wilhelm Köppen, o clima do local é do tipo Aw, denominado de clima tropical chuvoso de savana (BARROS et al., 1982). Vargas e Hungria (1997) denominam-o de clima tropical estacional.

De acordo com classificação proposta por Mendonça e Danni-Oliveira (2007), o clima do local está inserido em área de domínio de clima tropical úmido-seco ou tropical do Brasil Central com quatro a cinco meses de seca (4a), influenciado pelas massas de ar equatorial continental (MEC), massa de ar polar atlântica (MPA) e massa de ar tropical atlântica (MTA), conforme indicado na Figura 2.2. Considerando a tipologia climática proposta por Thornthwaite, Vasconcelos (1998), enquadra-o no tipo **B₄rA`a`**, clima úmido com pequena ou nenhuma deficiência de água, megatérmico.

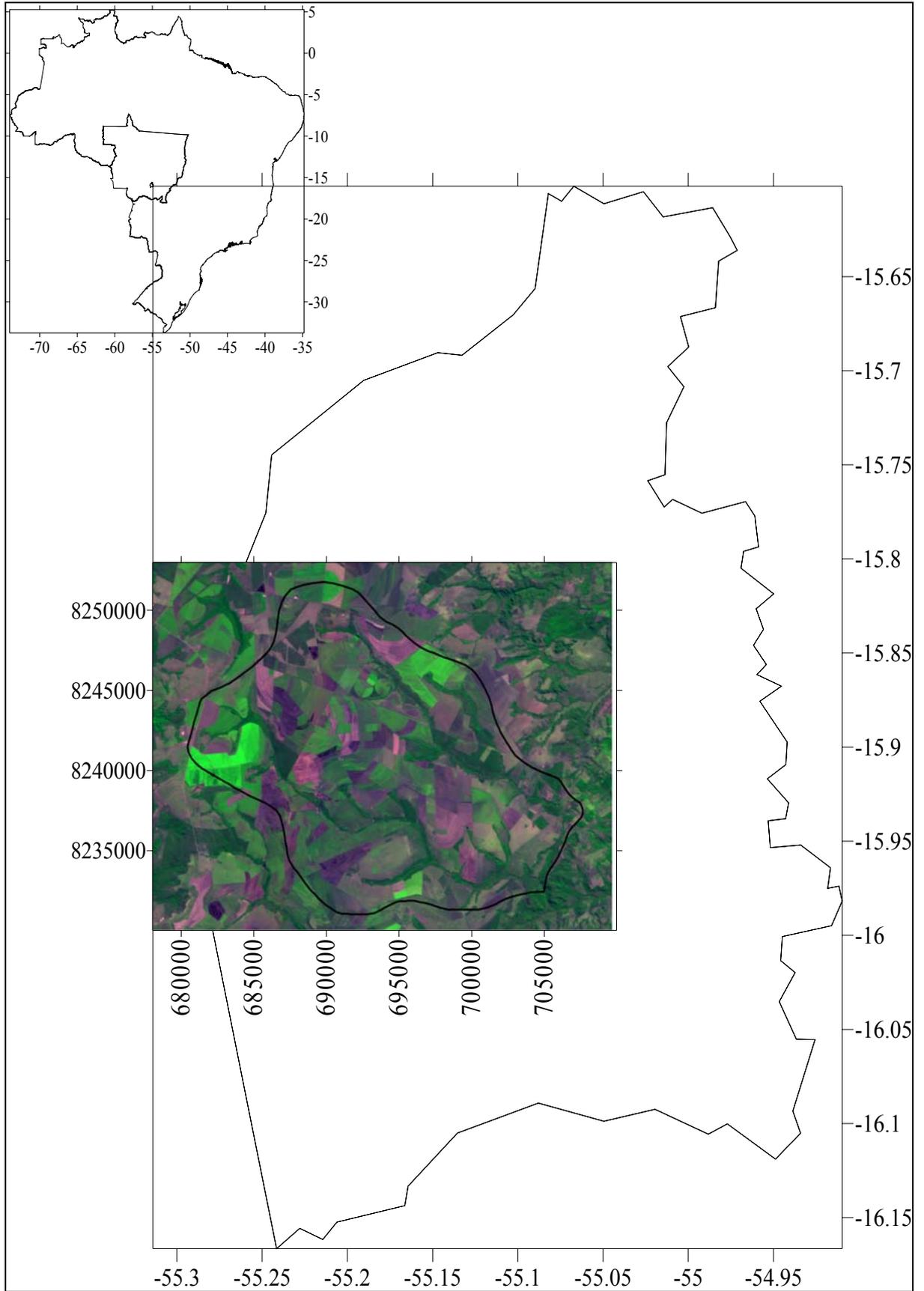


Figura 2.1 – Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Tenente Amaral (BHTAM) no município de Jaciara, Mato Grosso – Brasil, com perímetro sobreposto na imagem do Satélite CBERS 2.

A cobertura pedológica na região é composta predominantemente por solos dos tipos Latossolos, Areias Quartzosas, Plintossolos e solos Gleis; enquanto a vegetação do local é constituída por formações Savânicas dos tipos Arborizada; Florestada; Parque e Gramineo-Lenhosa e formações Florestais do tipo Estacional Semidecidual; Hidrófila e de Galeria (VASCONCELOS, 1999).

2.2 – MATERIAIS

Para a realização do presente trabalho foi necessário recorrer aos documentos cartográficos: Carta Topográfica de São Vicente folha SD-21-Z-D-IV-4, com equidistância entre curvas de nível de 40m, editadas em 1978 pela Divisão de Serviço Cartográfico do Exército (DSG); aos mapas pedológico, morfopedológico, de drenagem, de planimetria e de vegetação e de uso do solo publicados na escala 1:50.000 por Vasconcelos et al. (1999). Esses mapas foram convertidos do formato *Microstation Design Files* (DGN) para *Drawing Interchange Format* (DXF) e posteriormente importadas nos formatos *vector e raster* do software de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) IDRISI[®]. O Mapa Geológico do Centro Leste de Mato Grosso, publicado em Gonçalves e Schineider (1970), também foi utilizado após digitalização e adaptação para escala 1:50.000.

Foram utilizadas para a confecção da carta de vegetação e uso do solo, imagens de sensoriamento remoto orbital: CBERS2, Sensor CCD, órbita 165, ponto 118, data de passagem 12/02/2006 e 22/06/2006, bandas 2,3 e 4 e imagens TM Landsat 7, bandas 2,5 e 7 do mosaico GEOCOVER (2000), América do Sul, para obtenção de pontos de controle usados no georreferenciamento das demais imagens.

As cotas altimétricas usadas para gerar o modelo digital de elevação do terreno (DEM) foram obtidas do projeto SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Os dados da missão topográfica denominada SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) foram produzidos por um consórcio reunindo as agências espaciais: National Aeronautics and Space Administration (NASA), National Imagery and Mapping Agency (NIMA), Agência Espacial Alemã (DLR) e Agência Espacial Italiana (ASI). A missão espacial foi realizada no período de 11 a 22 de

fevereiro de 2000 a bordo da nave *Endeavour* e teve como objetivo gerar um Modelo Digital de Elevação (MDE) da superfície terrestre por meio de interferometria.

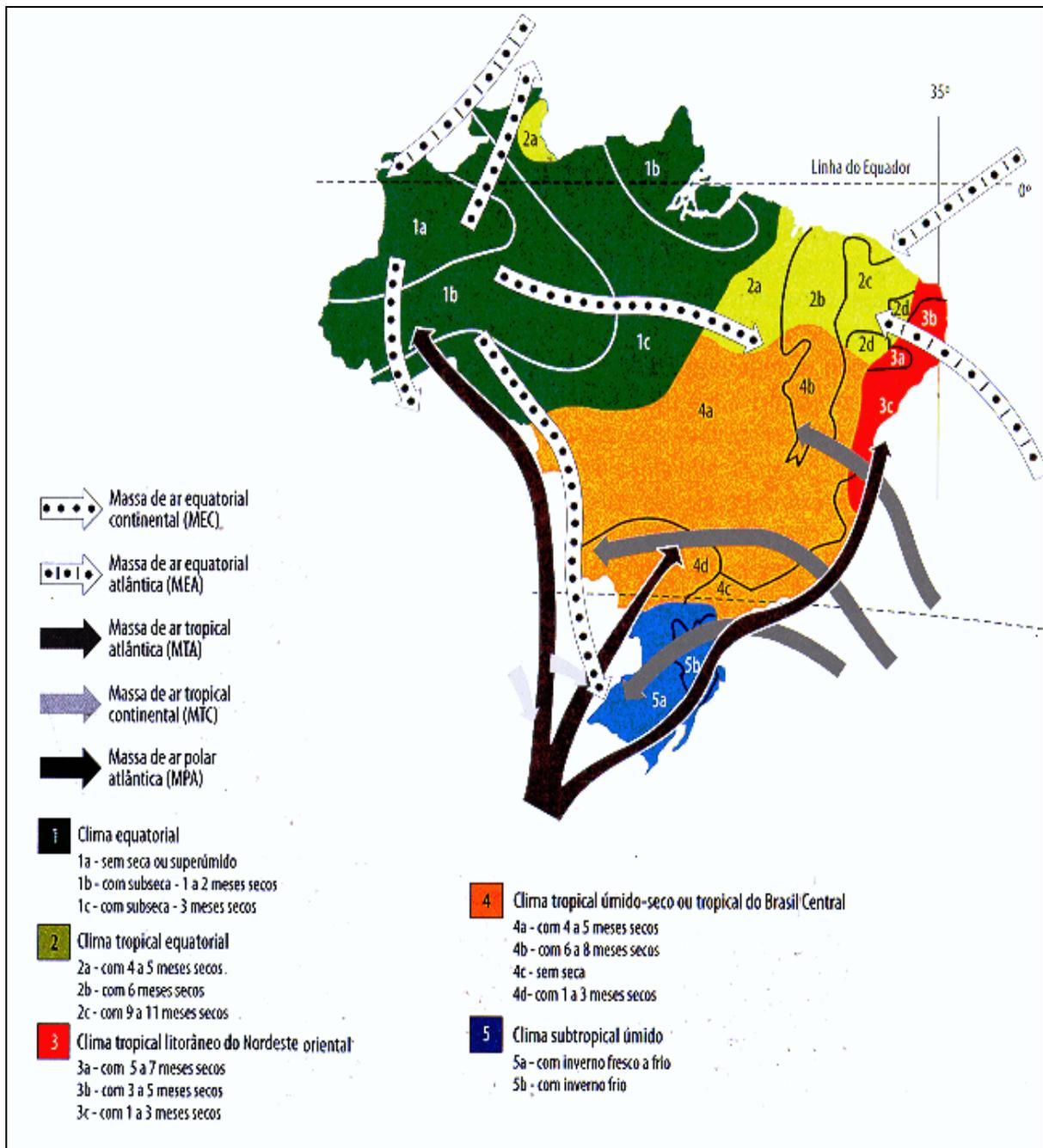


Figura 2.2 – Domínios climáticos do Brasil e principais subtipos (Fonte: Mendonça e Danni-Oliveira 2007).

Conforme Crepani e Medeiros (2004) os dados SRTM para uso científico e avaliação estão disponíveis gratuitamente a partir de <http://seamless.usgs.gov> em grades de Modelos Numéricos do Terreno (MNT) com resolução de 90 metros. Entretanto, essas informações altimétricas devem ser melhoradas conforme fluxo de tratamento dos dados SRTM descrito em Valeriano (2004). Este tratamento é realizado efetuando primeiramente a conversão para o sistema cartográfico adotado no projeto e pela correção de falhas por meio de informações

de altitudes medidas no local e/ou obtidas em cartas topográficas; posteriormente deve ser feito o refinamento da grade retangular de MNT, e assim é obtida uma nova grade por meio da redução do espaçamento entre os pontos da grade original por interpolação. O valor da cota Z da nova grade é estimado através de interpolador bicúbico ou bilinear, ao final deste tratamento obtém-se dos dados, originalmente com resolução do grid de 90m, novos dados refinados para a resolução desejada, neste caso de 30m e se necessário também podem ser convertidos em formato de arquivo XYZ (ASCII), onde X é a latitude, Y é a longitude e Z a altitude. O modelo digital de elevação do terreno (DEM) serve de base para produção de outras cartas utilizadas na obtenção de informações úteis para a caracterização da bacia, entre essas cito: as cartas de declividades e a de comprimento de rampas.

Os dados de temperatura do ar e precipitações pluviiais foram obtidos junto à estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no Centro Federal de Educação Tecnológica de Cuiabá, situado próximo da área deste estudo. Também foram utilizados dados fornecidos pelo setor de produção agropecuária da Usina Pantanal (Grupo Nahun) em sua unidade instalada na BHTAM. As médias mensais calculadas a partir desses dados compõem o gráfico apresentado na Figura 2.3.

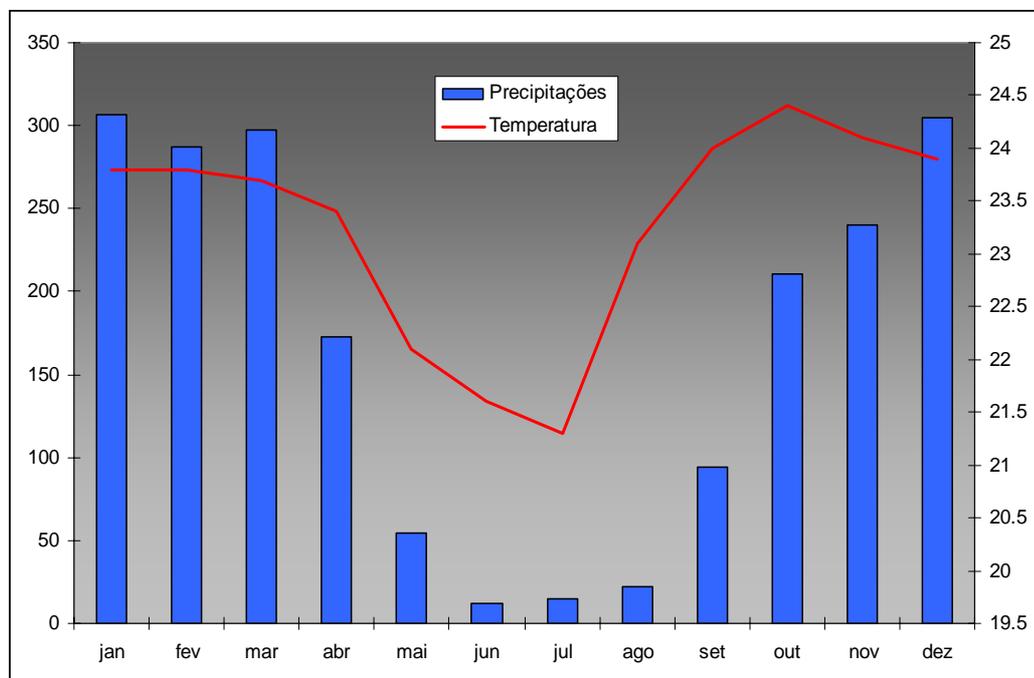


Figura 2.3 - Médias mensais de precipitação pluviométrica (mm) e temperatura do ar (°C).

Na Figura 2.4 é apresentado o fluxo de obtenção das cartas a partir de informações cartográficas e dados levantados em campo e na literatura. Esses materiais foram usados na caracterização da área e na aplicação das diferentes metodologias de análise ambiental.

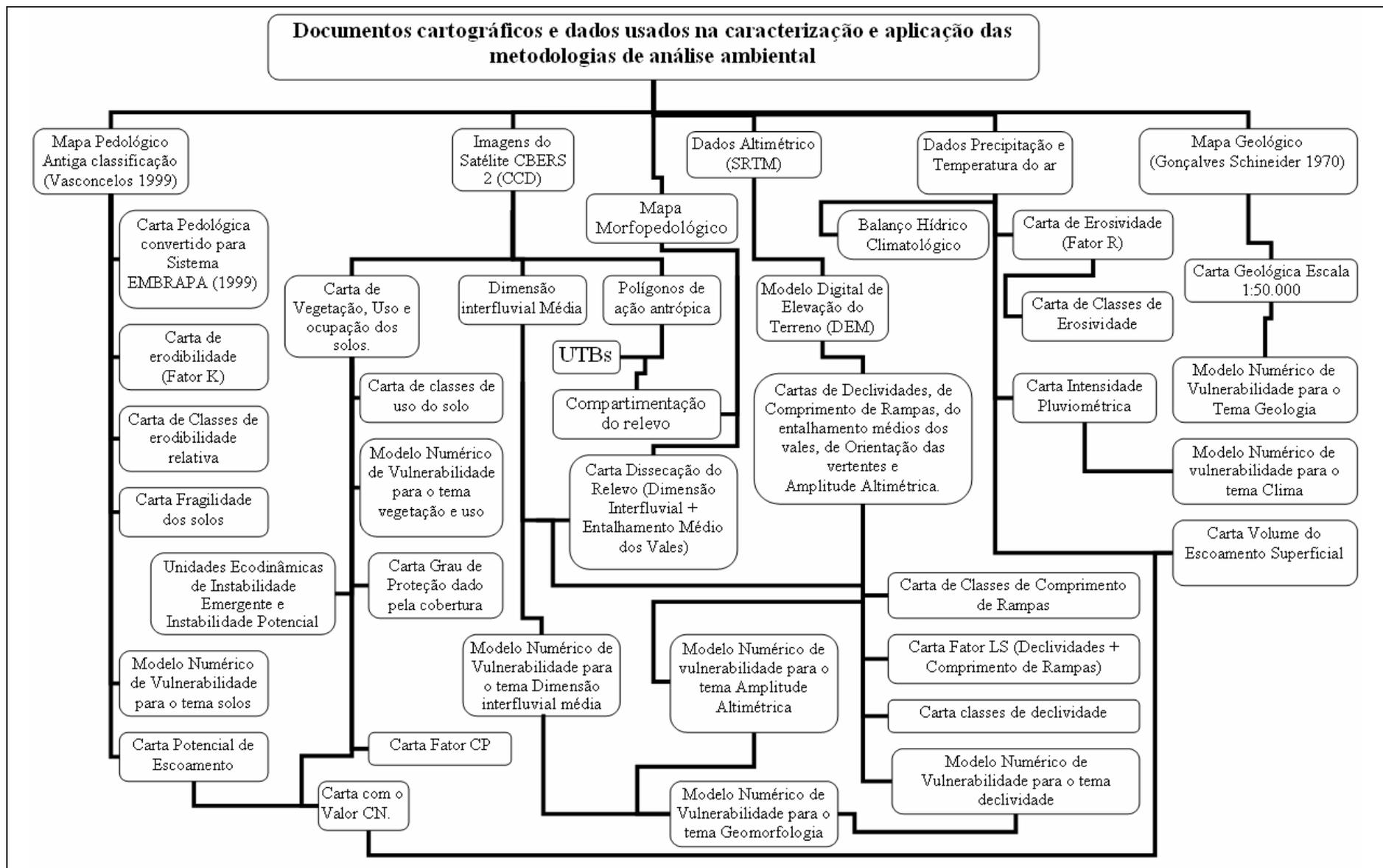


Figura 2.4 - Fluxo de preparação dos dados para caracterização da área e produção das cartas utilizadas na aplicação das metodologias de análise ambiental na BHTAM.

O processamento dos dados foram realizados num microcomputador com processador AMD-Athlon, 3200 Hz, HD 80 Gb, 512 Mb de memória RAM. Os softwares IDRISI[®] 15.0, SURFER[®] 8.0, GLOBAL MAPPER[®] 7.0, CARTALINX[®] e os aplicativos de edição de textos e planilha eletrônica da MICROSOFT[®] foram utilizados tanto para a confecção das cartas como para gerar informações quantitativas em forma de gráficos, relatórios e tabelas extraídas dessas cartas. Por meio de análise visual e comparações das cartas, dos relatórios e das tabelas foi possível caracterizar a área estudada.

Todas as cartas do presente estudo foram confeccionadas na escala 1:50.000 e estão georreferenciadas segundo os parâmetros do Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000) e apresentam resolução espacial de 30m.

2.3 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A necessidade de estudos para avaliar os níveis de degradação ambiental causada pelas atividades antrópicas provocaram o surgimento de diversas metodologias de análise ambiental. Diferentes metodologias de análise ambiental são utilizadas em estudos que buscam a compreensão das alterações provocadas nos elementos naturais que desencadeiam impactos ambientais. Tais metodologias podem apresentar características quantitativas e/ou qualitativas e são direcionadas para a identificação de incongruências no uso do solo, riscos e potencialidades ambientais e servem também para subsidiar atividades voltadas para o planejamento e gestão dos recursos naturais.

Neste estudo foram aplicadas metodologias de concepção empirista, que permitem estimar a Suscetibilidade e Potencial à Erosão Laminar; a Vulnerabilidade às Perdas de Solos, a Fragilidade Ambiental Potencial e Emergente, as perdas de solos por meio da Equação Universal de Perdas de Solos e também o aporte de sedimentos com a utilização da Equação Universal de Perdas de Solos Modificada. Os resultados obtidos com a aplicação dessas metodologias constituem-se em indicadores de alteração da qualidade ambiental de uma determinada área.

O roteiro metodológico usado para a determinação da Suscetibilidade e do Potencial Erosivo, quando aplicado mesmo em áreas que apresentem intensa atividade antrópica,

é de grande utilidade na avaliação dos fatores naturais influentes no desenvolvimento dos processos erosivos. Esta carta, conforme destaca Ridente Jr. (2000), é voltada especificamente para a prevenção da erosão.

Segundo Salomão (1999) e Salomão e Iwasa (1995), a susceptibilidade e o potencial à erosão podem ser determinados com base no cruzamento sucessivo de informações qualitativas sobre a erodibilidade relativa dos solos, declividade dos terrenos, erosividade das chuvas, comprimento das encostas e classes de uso e ocupação dos solos. A avaliação dos resultados permite planejar adequadamente o uso do solo.

Outra metodologia de análise ambiental bastante utilizada foi desenvolvida por pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, para ser usada na elaboração da primeira fase do Zoneamento Ecológico-Econômico dos Estados Amazônicos (CREPANI et al., 2001). Esta metodologia permite uma análise sistêmica do ambiente e baseia-se no conceito de Ecodinâmica de Tricart (1977) e tem nas imagens de satélites como a sua âncora para a definição das chamadas unidades ambientais ou unidades territoriais básicas (UTBs). As UTBs são definidas como áreas que apresentam atributos ambientais que permitem diferenciá-las de suas vizinhas. Esta metodologia facilita a divisão de qualquer região em classes com maior ou menor vulnerabilidade aos processos erosivos.

Assim, a partir da análise ponderada dos temas Geomorfologia, Geologia, Pedologia, Clima e cobertura atual dos solos obtêm-se a ‘Carta de vulnerabilidade à erosão ou vulnerabilidade a perdas de solos’ no interior de cada uma das unidades ambientais (UTBs) previamente estabelecidas a partir de interpretação das imagens (CREPANI et al., 2001). Esta carta oferece subsídios para avaliar o ambiente frente às atividades antrópicas e assim possibilita planejar a readequação das formas de uso quando for necessário.

A metodologia, criada para a Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes, proposta por Ross (1994, 2001 e 2004) também tem suas bases fundamentadas no conceito de Unidades Ecodinâmicas preconizada por Tricart (1977). Apóia-se no princípio de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre os componentes físicos e bióticos. Na sua aplicação é possível espacializar, caracterizar e quantificar as áreas de fragilidade ambiental.

A Análise da Fragilidade ambiental dos Ambientes é realizada a partir do entendimento da relação entre relevo, solo, clima e uso da terra. Estes componentes analisados e inter-relacionados geram um produto analítico-sintético, denominado ‘Carta de Fragilidade

Ambiental’, que segundo seu propositor, retrata a situação ambiental da área de estudo e também permite reavaliar as ações e propor novas formas de o uso do solo.

Já, a Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS) é uma metodologia consagrada no meio científico e bastante difundida, baseia-se na aplicação de uma fórmula empírica composta pelos fatores: erosividade das chuvas (R); erodibilidade dos solos (K); comprimento de rampa (L); declividade (S); uso e manejo (C) e práticas conservacionistas (P). A EUPS foi desenvolvida por pesquisadores nos Estados Unidos em 1954, no “National Runoff and Soil Data Center” do Agricultural Research Service, na Universidade de Purdue. Desde então, este modelo de estimativa de perdas de solo por erosão hídrica foi largamente utilizado. Após anos de aplicação o modelo foi revisado por Wischmeier & Smith (1978).

Segundo Araújo Júnior (1997), para implantar sistemas auto-sustentáveis é importante conhecer as características do solo e dentre elas a sua estabilidade. O modelo EUPS, que é um estimador das perdas de solos, pode dar estas informações para o planejamento e o manejo de microbacias hidrográficas. Porém, este modelo necessita de relações empíricas adicionais para a quantificação do aporte de sedimentos.

A Equação Universal de Perdas de Solos Modificada (MEUPS), proposta por Williams (1975), é uma variação do modelo EUPS que prevê o aporte de sedimentos para eventos chuvosos isolados. A diferença em relação a EUPS está na substituição do fator erosividade (R) por fatores que contemplam os processos hidrológicos que ocorrem no solo no interior da bacia, tais como: volume de escoamento superficial e vazão de pico do hidrograma de cheia.

A comparação das cartas obtidas com a aplicação das metodologias descritas anteriormente foi efetuada pelo cruzamento matricial ou superposição entre as mesmas.

2.4 - REFERÊNCIAS

ARAÚJO JÚNIOR. G. J. L. D. **Aplicação dos modelos EUPS e MEUPS na bacia do Ribeirão Bonito (SP) através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.** 1997. 122 f. – Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos: INPE, 1997. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/rep-/sid.inpe.br>> Acesso em: 27 maio 2006.

RIDENTE JÚNIOR, J.L. **Prevenção e controle da erosão urbana: bacia do córrego do limoeiro e bacia do córrego do cedro, municípios de presidente prudente e álvares machado, SP.** 2000. 129f. – Dissertação (Mestrado em Geociências) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. UNESP, 2000.

BARROS, A.M.; SILVA, R.H.; CARDOSO, O.R.F.A.; FREIRE, F.A.; SOUZA, J.J., JR.; RIVETTI, M.; LUZ, D.S.; PALMEIRA, R.C. B.; TASSINARI, C.C.G. 1982. Geologia. In: **Projeto RADAMBRASIL, Folha SD-21, Cuiabá. Rio de Janeiro, MME-SG.** p. 25-192. (Levantamento de Recursos Naturais 26).

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. **Imagens fotográficas derivadas de MNT do SRTM para fotointerpretação na geologia, geomorfologia e pedologia.** São José dos Campos: INPE, 2004. 40 p. (INPE-11238-RPQ/761). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/sergio/2004/08.24.10.39>>. Acesso em: 29 out. 2006.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoreamento remoto e geoprocessamento aplicado ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial.** São José dos Campos. SAE/INPE. 2001. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/dsr/simeao/Publicacoes/SERGISZEE3.pdf>>; Acesso em: 15/09/2006.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solo (Rio de Janeiro, RJ). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, 1999, 412p.

GONÇALVES, A. SCHINEIDER, R. L. **Geologia do Centro Leste de Mato Grosso,** Ponta Grossa. PETROBRÁSDESUL, 1970, 43p (Relatório Técnico Interno, 394 p.).

MENDONÇA, F. A.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia: Noções básicas e climas do Brasil. 1. ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2007. v. 1. 208 p.

ROSS, J. L.S., Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados, In: **Revista do Departamento de Geografia/USP,** nº 8, EDUSP, São Paulo/SP, 1994.

ROSS, J. L.S. **Geomorfologia:** ambiente e planejamento. SP: Contexto, 2001.

ROSS, J.L.S. Geomorfologia aplicada aos EIAs - RIMAs. In: **Geomorfologia e meio ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

ROSS, J.L.S. E SANTOS, L.M. Geomorfologia da Folha SD.21-Cuiabá. In: **BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais, 26.** Folha SD.21-Cuiabá. Rio de Janeiro. 1982.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: Guerra, A. J. T., Silva, A. S. & Botelho, R. G. M (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos temas e aplicações.** p.229-267. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

SALOMÃO, F. X. T. & IWASA, O. Y., 1995. **Erosão e a ocupação rural e urbana.** In: Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente - BITAR, O. Y. (Coordenador) - IPT/ABGE. São Paulo 1995. ABGE p.31-57.

TRICART, J. **Ecodinâmica,** Rio de Janeiro, IBGESUPREN, (Recursos Naturais e Meio Ambiente), 1977, 91 p.

VALERIANO, M.M., **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul,** São José dos Campos, SP INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-10550-RPQ/756). 72p., 2004. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/rep-/sid.inpe.br/sergio/2004/06.30.10.57>>. Acesso em: 22 jan. 2005.

VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M., ed. **Biologia dos solos dos cerrados.** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. 524 p.

VASCONCELOS, T.N.N. **Interpretação morfológica da bacia do rio Tenente Amaral, Jaciara-MT:** Condição básica para sua caracterização ambiental. 1998.160 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - IB-UFMT. Cuiabá, 1998.

VASCONCELOS, T.N.N; Barros, L.T.L.P; Monteiro, J.R.B. **Estudo Integrado da Bacia do rio Tenente Amaral uma Proposta de Zoneamento Ambiental.** Governo do Estado de Mato Grosso, Fundação Estadual de Meio Ambiente – FEMA – PRODEAGRO – BIRD – Cuiabá-MT. 1999.

WILLIAMS J.R. 1975. Sediment yield prediction with USLE using runoff energy factor. In: *ARS-S-40. Agr. Res. Serv.*, USDA. Washington DC. pp. 244-252.

WISCHMEIER, W.H. e SMITH, D.D. (1978). Predicting rainfall erosion losses. *Guide to Conservation Farming.* US Department of Agriculture Handbook, 537. 58p.

CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TENENTE AMARAL – JACIARA, MT – BRASIL - INFORMAÇÃO BÁSICA PARA O GEOPLANEJAMENTO

3.1 - INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais que estão sendo freqüentemente denunciados são comumente considerados conseqüências da lógica capitalista de produção e da forma de organização social, cuja intervenção sobre a natureza foi demasiadamente realizada sem preocupação ecológica e sem respeito ao equilíbrio do meio ambiente.

Os impactos sobre o meio ambiente ocorrem desde o aparecimento do homem, porém, à medida que as relações econômicas, sociais, culturais e tecnológicas foram se tornando mundiais, eles se intensificaram e, é consenso científico, que tendem a se agravar, caso a adoção de novos paradigmas de produção e consumo não seja repensada e estimulada.

O consumo exagerado e contínuo de bens e serviços da sociedade globalizada, principalmente aquelas dos países industrializados, exerce uma crescente demanda por alguns bens, cuja produção para atendê-las requer intervenções sobre os recursos naturais (florestas, solos, água, etc.). A intensidade e extensão em que é realizada a exploração econômica dos recursos naturais podem comprometer o equilíbrio dos ecossistemas, alterando regimes hidrológicos e climáticos, empobrecendo solos, diminuindo a capacidade de absorção de CO₂ pelas florestas etc. (ACSELRAD, 1995).

A agricultura moderna é, sem dúvida, entre as atividades econômicas uma das maiores causadoras de impactos aos solos. É também a atividade que ocupa maiores espaços é praticada em quase todos os biomas da terra. A agricultura, a pecuária e a exploração florestal juntas, são responsáveis pela alteração de mais de um terço da superfície terrestre (ROSA, 2001).

No Estado de Mato Grosso, a expansão da fronteira agrícola provocou a retirada da vegetação original das terras. A incorporação dessas terras ao processo produtivo foi realizada num ritmo acima das reais demanda do mercado por produtos agropecuários e com o emprego descontrolado de máquinas e de insumos industriais na produção. O processo de ocupação de

Mato Grosso ocorreu sem o planejamento adequado e trouxe como conseqüências degradação dos solos, disseminação de pragas e doenças, poluição do ar, da água e do solo. Tais conseqüências são visivelmente agravadas pela ausência de consciência ecológica na maioria da população, inclusive proprietários rurais e pelo descaso das autoridades que fica demonstrado na falta de infra-estrutura nas cidades e pelo frágil sistema de assistência técnica dada à agricultura.

A intensificação da atividade antrópica sobre o meio ambiente, tanto em Mato Grosso como em outras regiões do planeta, ao longo das três últimas décadas, constitui-se em séria preocupação e, a luta pela conservação, recuperação e preservação do meio ambiente neste contexto, ganharam fortes aliados em todo mundo.

A questão ambiental apresenta-se como um questionamento e provoca uma nova postura de setores da sociedade contra a racionalidade econômica dominante. Diante de novos paradigmas suscitados a partir de constatações ambientais preocupantes para a existência da humanidade no Planeta, torna-se evidente a necessidade de incentivar atitudes que venham minimizar os impactos negativos e maximizar os impactos positivos sobre o ambiente.

Assim, os impactos causados pela apropriação humana sobre os recursos naturais requerem, com urgência, uma resposta da sociedade na forma de ações organizadas tanto em nível local como regional e mundial. Considerando esta necessidade Medina (1993) destaca o planejamento ambiental como um processo de atividade intelectual e contínua que serve para guiar um sistema, desde uma situação inicial atual apresentada, até uma situação desejada possível de caracterizar com certo grau de precisão.

O planejamento ambiental surgiu nos anos 80 como uma modalidade de planejamento orientada para as intervenções humanas dentro da capacidade de suporte dos ecossistemas (FRANCO, 2001). Segundo Botelho (1999), o planejamento ambiental leva em consideração fatores físicos-naturais e sócio econômicos para avaliação das possibilidades de uso do território e/ou dos recursos naturais mesmo que ocorra, conforme os objetivos e metodologias de cada projeto, certa ênfase em um determinado fator.

O planejamento ambiental utiliza variadas informações disponíveis sobre a área de estudo, bem como as tecnologias de ponta que possam facilitar a obtenção do seu meio principal de comunicação e de projeto que é o desenho ambiental (FRANCO, 2001) ou cenário ambiental. O desenvolvimento e aplicação de ferramentas adequadas à gestão ambiental têm sido objeto de estudos e pesquisas, principalmente, com a aplicação das geotecnologias, inclusive os Sistemas

de Informação Geográfica (SIGs) e o Sensoriamento Remoto que se encontram num estágio avançado de desenvolvimento, permitindo grande acessibilidade de recursos, com investimentos relativamente baixos (JACINTHO, 2003).

As novas tecnologias de informação e tratamento de dados espaciais de representação do espaço geográfico, quando usadas sem se deter apenas aos seus aspectos quantitativos, operam sobre bases de dados digitais georreferenciadas para gerar informação ambiental como apoio integrado à decisão. De certa forma, criam um vínculo entre planejamento ambiental, geografia e geoprocessamento e, assim, configura uma modalidade de planejamento denominada de geoplanejamento (VEIGA e SILVA, 2004).

O geoplanejamento subsidia a gestão de um território calcado em informações georreferenciadas espacialmente utilizando o conjunto de métodos e técnicas de geoprocessamento como ferramenta investigativa, de análise, de integração de informação e de apoio integrado à tomada de decisão, vindo de encontro às modernas perspectivas de planejamento aberto onde a participação dos diversos interessados pode ser ponderada e os resultados podem ser reavaliados e reproduzíveis durante todo o andamento da investigação (VEIGA e SILVA, 2004).

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo gerar informações espaciais sobre o meio físico (solo, clima, vegetação e relevo) e a dinâmica do uso do solo, caracterizar, analisar e fornecer dados georreferenciados espacialmente. Informações que poderão contribuir e apoiar o planejamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Tenente Amaral (BHTAM), localizada na região do município de Jaciara, no estado de Mato Grosso, Brasil. Contribuem também na avaliação da sustentabilidade ambiental da bacia.

3.2 – METODOLOGIA

A caracterização pedológica foi feita pela interpretação dos relatórios de análise físico-química e conversão do mapa de solos do local, publicados em Vasconcelos (1999), para o atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SIBCS (EMBRAPA, 1999) conforme orientações encontradas em Prado (2000).

Propõe-se caracterizar o clima local por meio do balanço hídrico climatológico normal usando o método de Thornthwaite e Mather (1955) e, desta forma, estimar para o local: a disponibilidade hídrica (ARM), as deficiências (DEF), os excedentes (EXC), a evapotranspiração potencial (ETp) e a evapotranspiração real (ETr), usando como base dados de temperatura média do ar (T), precipitações (P), coordenadas geográficas do local e da capacidade de água disponível (CAD) dada em milímetro de água por metro de solo. A CAD foi estimada considerando valores médios para diferentes texturas dos solos conforme citam Alfonsi et al., (1990) sendo: 50 mm para solos de textura arenosa; 90 mm para solos de textura média e 140 mm para solos de textura argilosa.

A caracterização geomorfológica foi elaborada conforme método proposto por Ross (1992) e apresentado na Figura 3.1, também com a utilização de medidas obtidas no campo, na carta topográfica, nas imagens de sensoriamento remoto e na descrição geomorfológica da região feita por Vasconcelos (1998) e Ross e Santos (1982). Para obter os índices de dissecação do relevo considerou-se a matriz adaptada por Spörl (2001) apresentada na Tabela 3.1.

Conforme a Figura 3.1, o 1º Taxon (Unidades Morfoestruturais) correspondem às macroestruturas, exemplo: Bacia do Paraná. O 2º Taxon (Unidades Morfoesculturais) correspondem aos compartimentos e subcompartimentos do relevo pertencentes a uma determinada morfoestrutura e posicionados em diferentes níveis topográficos: exemplo Planalto e Chapada dos Guimarães. O 3º Taxon (Unidades Morfológicas) apresentam o mesmo aspecto fisionômico quanto à rugosidade topográfica ou dissecação do relevo; exemplos: padrões em colinas, padrões em morros; padrões em serras. O 4º Taxon (Tipos de Formas de Relevo) são subdivisões das unidades morfológicas que apresentam aspectos fisionômicos e genéticos ligeiramente diferenciados; exemplos: formas tabulares, formas convexas, formas aguçadas. O 5º Taxon (Tipos de Vertentes) representa os tipos de vertentes contidas em cada uma das formas de relevo, geralmente expressando gênese e idade mais recentes; exemplos: setores de vertentes convexas, retilíneos, côncavos e planos. O 6º Taxon (Formas e Processos Atuais) são representadas pelas formas decorrentes dos processos geomórficos atuais, tendo origem natural ou antrópica; exemplos: sulcos, ravinas, voçorocas e cicatrizes de deslizamento.

As características morfométricas: índice de sinuosidade, densidade de drenagem, densidade hidrográfica e padrão de drenagem da BHTAM foram verificadas conforme critérios de análises de bacias hidrográficas expostos por Christofolletti (1980) e Silva; Schulz; Camargo et al. (2003).

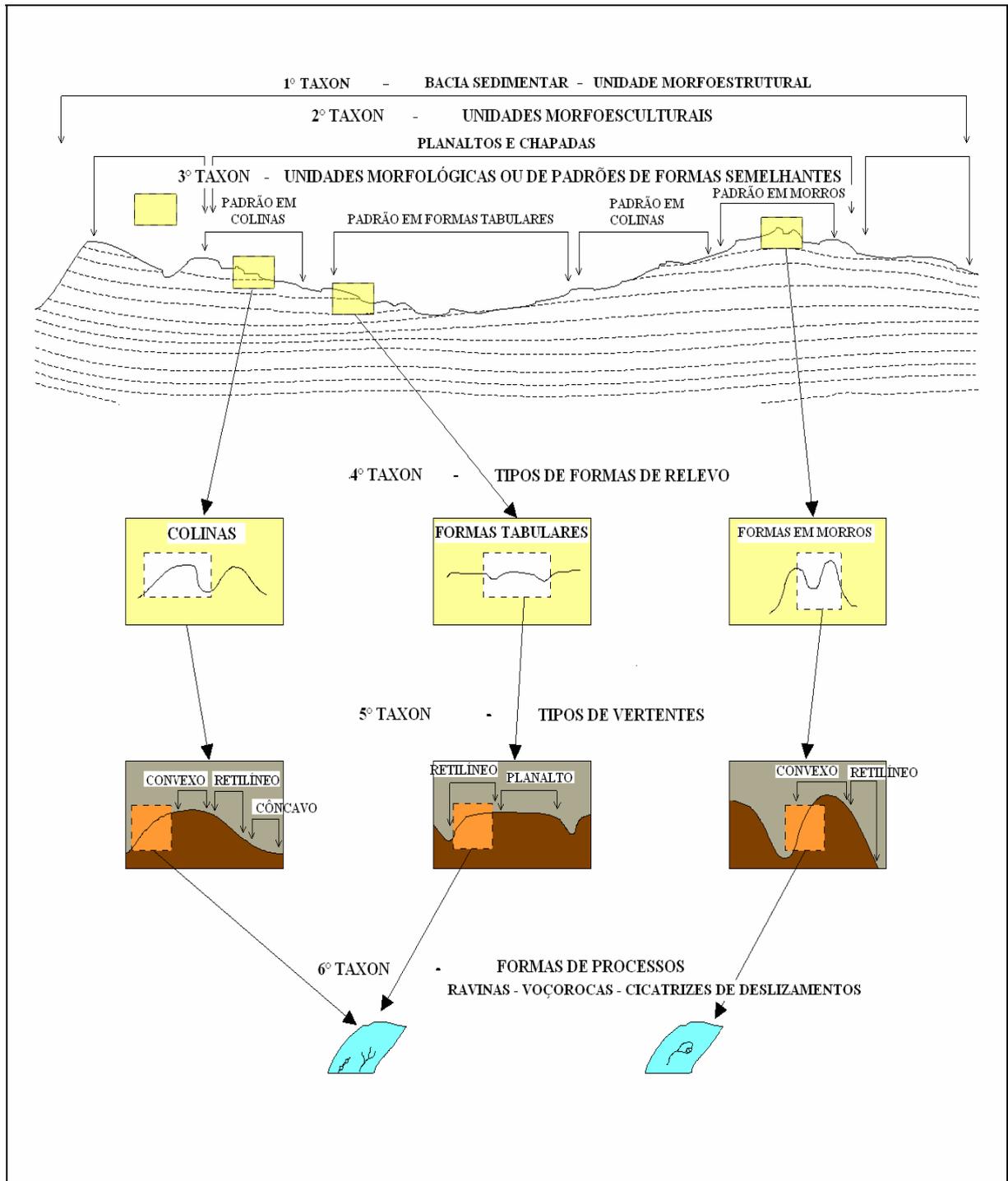


Figura – 3.1 – Níveis de compartimentação geomorfológica - adaptado de Ross (1992).

A carta de vegetação uso e ocupação das terras foi elaborada por intermédio de classificação supervisionada, usando classificador de probabilidade máxima (EASTMAN, 1998), a partir das imagens CBERS2 órbita-ponto 165-118 de 12/02/2006 e 22/06/2006 compostas em R2G4B3 e de levantamentos de campo com o objetivo de identificar e reconhecer os alvos classificados na imagem e também com informações do inventário florestal e mapa de vegetação e uso atual do solo realizado por Vasconcelos et al. (1999).

A geologia da área foi caracterizada com base no relatório técnico e no mapa geológico da região; materiais elaborados por Gonçalves e Schneider (1970). O potencial de escoamento foi definido conforme SCS-USDA, que estabelece as categorias A, B, C e D em função da textura apresentada e profundidade do solo. Instruções para a determinação do potencial de escoamento dos solos podem ser encontradas em Prusk et al. (2004). A carta de comprimento de rampas foi elaborada com metodologia apresentada em Rocha et al. (1997).

Tabela 3.1 – Matriz dos índices de dissecação do relevo para escala 1:50.000.

ENTALHAMENTO MÉDIO DOS VALES	DIMENSÃO INTERFLUVIAL MÉDIA				
	MUITO GRANDE (1) > 900m	GRANDE (2) 750 a 900m	MÉDIA (3) 600 a 750m	PEQUENA (4) 450 a 600m	MUITO PEQUENA (5) 300 a 450m
Muito Fraco (1) (< de 40m)	11	12	13	14	15
Fraco (2) (40 a 80m)	21	22	23	24	25
Médio (3) (80 a 160m)	31	32	33	34	35
Forte (4) (160 a 240m)	41	42	43	44	45
Muito Forte (5) (> de 240m)	51	52	53	54	55

Fonte: Spörl (2001).

3.3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características dos componentes do meio físico que se propõe apresentar e discutir neste trabalho são: solos; geologia; clima; geomorfologia e vegetação e o uso atual do solo da área correspondente à alta bacia hidrográfica do rio Tenente Amaral, desde as nascentes dos córregos Amaral e Brilhante até o ponto onde ocorre a confluência desses dois canais.

Os materiais cartográficos compostos pelo modelo digital de elevação do terreno (DEM) com a drenagem e perímetro sobrepostos e, as cartas de declividades, do potencial de escoamento, do comprimento de rampas e de erosividade das chuvas, encontram-se nos ANEXOS A1, A2, A3, A4 e A5, respectivamente. Foram utilizadas com a finalidade de

fornecerem dados e informações que possibilitassem caracterizar a área de estudo bem como subsidiassem as discussões encontradas neste trabalho.

3.3.1 – Caracterização Pedológica

O ambiente natural da região dos Cerrados é marcado por solos que apresentam baixa fertilidade natural, podendo a primeira vista, segundo o sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras (RAMALHO e BECK, 1995) identificá-los como solos com aptidão de regular (limitações moderadas) à restrita (limitações fortes) para lavouras com manejo de baixo nível tecnológico e de aptidão boa (sem limitações) para lavouras nos níveis de manejo médio a desenvolvido.

Na carta de solos da bacia hidrográfica do rio Tenente Amaral, obtida por meio da conversão do antigo sistema de classificação de Camargo (1987), para o novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SIBCS (EMBRAPA, 1999), verifica-se que na área ocorrem solos do tipo: LATOSSOLOS VERMELHOS Ácricos (LVw); LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos (LVd); LATOSSOLOS VERMELHO – AMARELOS Distróficos (LVAd); LATOSSOLOS AMARELOS Distróficos (LAd); PLINTOSSOLOS ARGILÚVICOS Distróficos (FTd); PLINTOSSOLOS PÉTRICOS Concrecionários Distróficos (FFcd); GLEISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos (GXbd); NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Hidromórficos (RQg); NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos (RQo); ORGANOSSOLOS FÓLICOS Fíbricos (OOm) e algumas associações RQo+FFcd; LVAd+GXbd; LVAd+Plíntico; FTd+GXbd; FFcd+AFLORAMENTO ROCHOSO (AR); LVw+LVd e LAd+LVAd (Figura 3.2).

Da Carta de solos obteve-se por meio de operações no SIG IDRISI®, a área e o percentual de ocupação de cada unidade taxonômica de solos (Tabela 3.2). Constatou-se a existência de dezessete diferentes classes de solos, incluindo as associações, que se encontram bem distribuídas no interior da BHTAM. Da área total da microbacia em aproximadamente 60% ocorrem solos da classe LATOSSOLOS que, como os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICO e demais solos, são intensamente explorados, principalmente com cultivos de cana-de-açúcar, soja e pastagens como constam nas Figuras 3.3A, 3.3B, 3.3C e 3.3D.

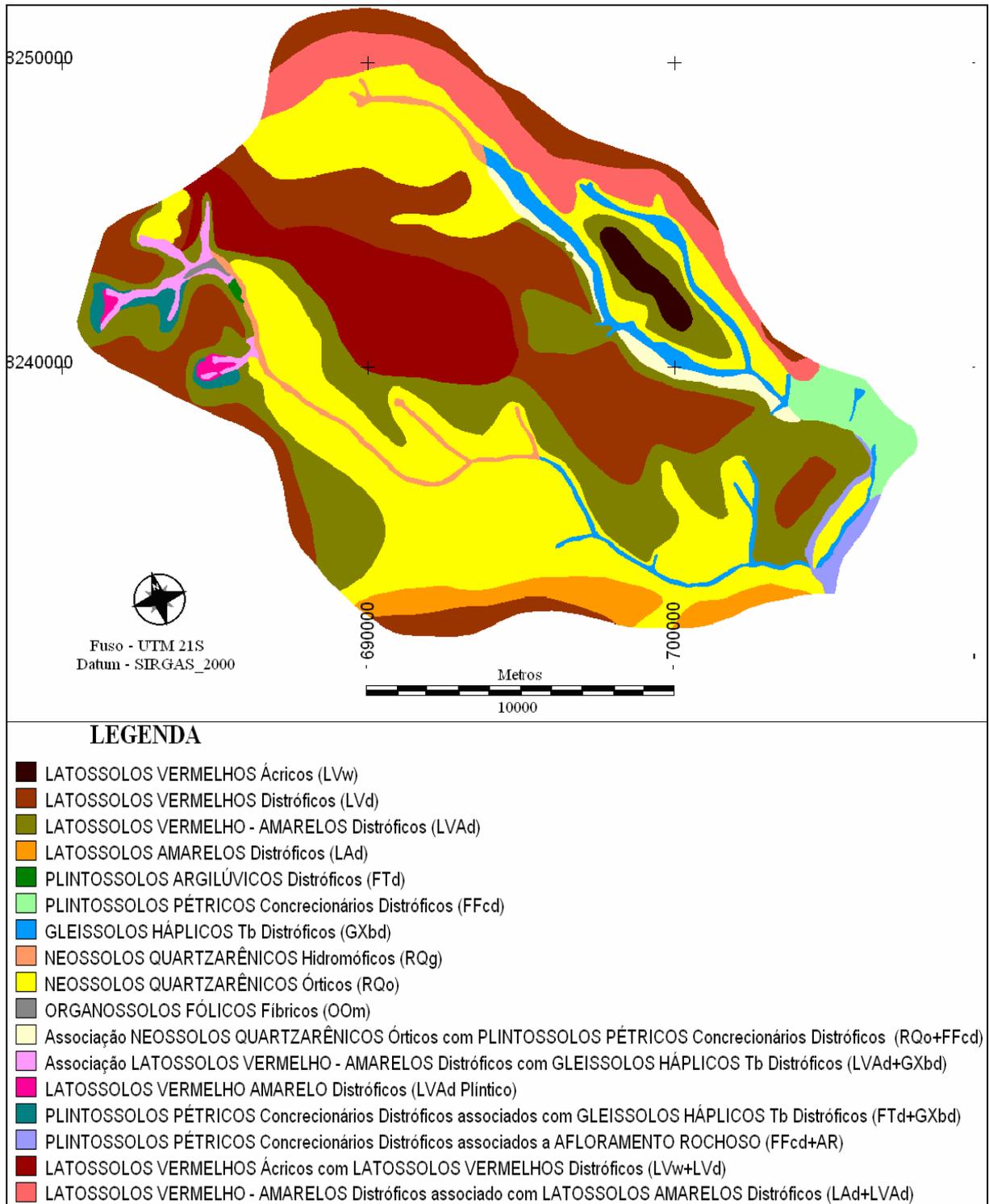


Figura 3.2 - Carta de Solos da BHTAM, conforme SIBCS – EMBRAPA (1999) - adaptado de Vasconcelos et al. (1999)

1. Os LATOSSOLOS VERMELHOS Ácricos (**LVw**) ocupam apenas 1% da área da BHTAM em 3,4 km² (Tabela 3.2). Estes solos são encontrados em locais com altitudes variando em torno de 618 m a 675 m, predomínio de rampas com mais de 1.000 m, declividade média de 2,4%, erodibilidade fraca, elevado potencial de escoamento. Aparecem com mais

frequência na margem esquerda do Córrego Brilhante pouco antes da confluência deste com o Córrego denominado Olho d'água (Figura 3.2). Esta classe corresponde, na classificação anterior aos Latossolo Vermelho Escuro distrófico, com horizonte "A" moderado, textura argilosa a muito argilosa, fase cerrado, relevo plano a suave ondulado.

2. LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos (**LVd**) está presente nos locais com altitude entre 534 m a 857 m, predomínio de rampas maiores que 1.000 m, declividade média 2,6%, erodibilidade fraca e elevado potencial de escoamento. Estão situados em áreas nas bordas norte e sul da bacia e numa ampla faixa no sentido leste-oeste nos compartimentos intermediários das vertentes localizadas entre os drenos principais da bacia (Figura 3.2). Correspondem aos antigos Latossolo Vermelho Escuro distrófico, com horizonte A moderado, textura média, fase cerrado, relevo suave ondulado a plano, estão distribuídos por 71,6 km² equivalendo a 21% da área da bacia (Tabela 3.2).

3. LATOSSOLOS VERMELHO – AMARELOS Distróficos (**LVAd**) mostrado na Figura 3.2, são encontrados nos setores intermediários das vertentes, em áreas com variação altimétrica entre 473 m a 832 m, erodibilidade fraca, rampas longas acima de 1.000 m, declividade média em torno de 3,4%, potencial de escoamento elevado e estão correlacionados aos Latossolos Vermelho Amarelos distróficos com horizonte "A" moderado, textura argilosa e textura média, fase cerrado, relevo suave ondulado a plano distribuídos pela bacia ocupando 66,6 km² o equivalente a 19,6% da área total (Tabela 3.2).

4. LATOSSOLOS AMARELOS Distróficos (**LAd**) são encontrados no setor sul da BHTAM (Figura 3.2), em altitudes entre 494 m a 693 m, sobre rampas com mais de 1.000 m, declives em média de 2,9%, erodibilidade fraca, de moderado a elevado potencial de escoamento e correspondem aos Latossolos Vermelho Amarelos distróficos com horizonte "A" moderado, textura média, fase cerrado, relevo suave ondulado. Ocupam 3,1% da área em 10,5 km² (Tabela 3.2).

5. PLINTOSSOLOS ARGILÚVICOS Distróficos (**FTd**) apresenta apenas uma pequena mancha próxima das cabeceiras do Córrego Amaral (Figura 3.2), em altitudes que variam de 754 m a 772 m, classe de média erodibilidade, declividade em torno de 4,7%, em rampas de extensão média, forte potencial de escoamento. Correspondem na antiga classificação aos solos denominado Plintossolo distrófico com horizonte "A" moderado, textura argilosa, fase campo de murundum, relevo plano. Ocupam apenas 0,2 km² ou 0,1% da bacia (Tabela 3.2).



Figura 3.3 – Cultivo de cana-de-açúcar em NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS (A) e LATOSSOLOS (B); área com pastagens (C) e com cultivo de soja ao lado da estrada (D). (Fotos do autor).

6. PLINTOSSOLOS PÉTRICOS Concrecionários Distróficos (**FFcd**) são encontrados no setor nordeste da bacia, conforme indica a Figura 3.2, em altitudes que variam entre 486 m a 586 m. Apresentam erodibilidade média, estão situados predominantemente sobre rampas que podem chegar até a 500 m, apresentam potencial de escoamento de médio a baixo, declividade média próximo de 6%. Na antiga classificação eram enquadrados na classe Plintossolo Concrecionário álico, com horizonte “A” moderado, textura média muito cascalhenta, fase cerrado e cerradão, relevo ondulado. Na BHTAM esse tipo de solo ocupa uma área de 7,2 km², correspondendo a 2,1% da área total (Tabela 3.2).

7. GLEISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos (**GXbd**) distribuem-se na BHTAM numa estreita faixa que acompanha o leito dos drenos principais da bacia (Figura 3.2). Apresenta erodibilidade muito forte, declividade média em torno de 6% encontrados, preferencialmente, sobre rampas de até 500 m em altitudes que oscilam de 457 m a 708 m e potencial de escoamento de médio a baixo. Eram classificados anteriormente como Areia Quartzosa Hidromórfica álica, com horizonte “A” moderado associado a solo Glei Pouco Húmico álico, horizonte “A” moderado, textura média. Ambos campo úmido e mata ciliar, relevo suave ondulado. Esta classe de solo ocupa 10,5 km² o equivalente a 3,1% (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 – Área total em km² e em percentual (%) de participação das diferentes classes de solos na BHTAM.

Classe de solo	Área total (km ²)	Área total (%)	Classe de solo	Área total (km ²)	Área total (%)
LVw	3,4	1,0	Oom	0,3	0,1
LVd	71,6	21,0	RQo+FFcd	3,8	1,1
LVAd	66,6	19,6	LVAd+GXbd	3,0	0,9
LAd	10,5	3,1	LVAd Plíntico	0,8	0,2
FTd	0,2	0,1	FTd+GXbd	2,3	0,6
FFcd	7,2	2,1	FFcd+AR	2,6	0,7
GXbd	10,5	3,1	LVw+LVd	30,5	9,0
RQg	4,3	1,2	LAd+LVAd	21,5	6,3
RQo	99,7	29,3	Total	339,5	100,0

8. NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Hidromórficos (**RQg**) ocupa uma estreita faixa em torno da cabeceira do Córrego Brilhante e no entorno das nascentes até o médio curso do Córrego Amaral (Figura 3.2). São solos de erodibilidade muito forte, encontram-se em áreas de declividade média de aproximadamente 5,4%, altitudes que variam de 577 m a 782 m e, na maioria dos casos, é encontrado sobre rampas de até 500 m. Apresentam moderado a baixo potencial de escoamento, pertenciam na classificação anterior aos solos denominados de Areia Quartzosa álica, com horizonte “A” moderado, fase cerrado, relevo suave ondulado a plano. Na

Bacia ocupam apenas 4,3 km², o equivalente a 1,2% da área total (Tabela 3.2). Os Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos apresentam limitação pela textura grosseira e baixa fertilidade.

9. **NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos (RQo)** encontram-se distribuídos por toda BHTAM em amplas faixas que envolvem os drenos principais da bacia e que vão desde as cabeceiras até a confluência destes (Figura 3.2). São solos de erodibilidade muito forte, em altitudes entre 444 m a 839 m. Predominam nos locais com rampas com medidas superiores a 1.000 m, declividade média de 4%, apresentam baixo potencial de escoamento, ocupam 99,7 km² em 29,3% da bacia (Tabela 3.2). Na classificação anterior eram denominados de Areia Quartzosa álica, com horizonte “A” moderado, fase cerrado, relevo suave ondulado a plano, são solos altamente susceptíveis à erosão.

10. **ORGANOSSOLOS FÓLICOS Fíbricos (OOm)** apresentam elevados teores de matéria orgânica, são encontrado apenas nas proximidades da nascente do Córrego Amaral (Figura 3.2), com declividade média em torno de 5,6%, têm presença destacada sobre rampas com comprimentos inferiores a 200 m, erodibilidade muito fraca, altitude variando de 769 m a 789 m, baixo potencial de escoamento. Ocupa apenas 0,3 km², o equivalente a aproximadamente 0,1% da área total (Tabela 3.2). Na classificação anterior era denominado de Glei Pouco Húmico distrófico, A moderado, textura argilosa, fase mata ciliar + Solo Orgânico álico, fase mata de Brejo, ambos em relevo plano.

11. Associação RQo+FFcd: **NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos** com **PLINTOSSOLOS PÉTRICOS** Concrecionários Distróficos ocupam uma estreita faixa na margem direita córrego Brilhante em seu médio curso (Figura 3.2). Apresenta de moderado a baixo potencial de escoamento, encontram-se em altitudes que variam de 526 m a 707 m, predominam sobre rampas de 200 m a 500 m de comprimento, declives médios em torno de 5,1%, erodibilidade muito forte. Na classificação antiga recebia a denominação Areia Quartzosa álica, com horizonte “A” moderado, fase cerrado, relevo suave ondulado a plano + Plintossolo Concrecionário álico, A moderado, textura média muito cascalhenta, fase cerrado, relevo ondulado. Esta classe de solos ocupa na bacia 1,1% em 3,8 km² (Tabela 3.2).

12. Associação LVAd + GXbd: **LATOSSOLOS VERMELHO - AMARELOS** Distróficos com **GLEISSOLOS HÁPLICOS** Tb Distróficos, presente apenas na região das nascentes do Córrego Amaral (Figura 3.2), aparecem mais sobre rampas com medidas inferiores a 200 m, apresentam erodibilidade fraca, altitudes variando de 718 m a 824 m, declividade média em torno de 5,1%, elevado potencial de escoamento, correspondem na

classificação anterior aos solos denominados de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, A moderado, textura argilosa, fase mata ciliar, relevo plano + Latossolo Vermelho Amarelo distrófico plíntico, A moderado, textura argilosa, fase mata ciliar, relevo suave ondulado + Glei Pouco Húmico, A moderado, textura argilosa, fase mata ciliar, relevo plano, esta categoria de solos ocupa apenas 3,0 km² equivalendo a 0,9% da área total da bacia (Tabela 3.2).

13. LVAd Plíntico; LATOSSOLOS VERMELHO AMARELO Distróficos, sua ocorrência limita-se a pequenas manchas situadas entre as nascentes do Córrego Amaral (Figura 3.2), ocupam na bacia apenas 0,8 km² ou 0,2% de toda área (Tabela 3.2). Apresentam erodibilidade fraca, altitude variando de 745 m a 817 m, distribuem-se igualmente sobre rampas com extensões diferenciadas, tem elevado potencial de escoamento, declividade média de 4,7%, correspondem na classificação anterior aos solos classificados como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico plíntico, A moderado, textura argilosa + Plintossolo distrófico, A moderado, textura argilosa, ambos fase cerrado e relevo plano.

14. FTd + GXbd; PLINTOSSOLOS PÉTRICOS Concrecionários Distróficos associados com GLEISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos, ocorrência também restrita entre às nascentes do Córrego Amaral, Figura 3.2, numa área de apenas 2,3 km² (0,6%) do total da BHTAM (Tabela 3.2). Apresentam fraca erodibilidade, altitudes que variam de 740 m a 825 m, distribuem-se sobre rampas com extensão variada, declividade média de 3,5%, médio a alto potencial de escoamento, correspondem ao Plintossolo distrófico, A moderado, textura argilosa + Glei Pouco Húmico distrófico plíntico, A moderado, textura argilosa, ambos fase campo de murundum e relevo plano.

15. FFcd + (AR): PLINTOSSOLOS PÉTRICOS Concrecionários Distróficos associados a AFLORAMENTO ROCHOSO, ocorrem nas margens esquerda e direita do Córrego Brilhante pouco antes da confluência com o Córrego Amaral (Figura 3.2). Ocupa 2,6 km² o equivalente a 0,7% (Tabela 3.2). Apresenta altitude entre 420 m a 535 m, aparecem com mais freqüência sobre rampas que apresentam comprimento de até 500 m, declividade média de 9%, porém há locais que atingi 20%, apresenta fraca erodibilidade, médio a alto potencial de escoamento, corresponde na classificação antiga ao tipo Plintossolo Concrecionário álico, A moderado, textura média muito cascalhenta, fase cerrado, relevo forte ondulado + Afloramento rochoso de arenito da Formação Furnas, relevo montanhoso.

16. LVw + LVd: LATOSSOLOS VERMELHOS Ácricos com LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos, ocorre no setor oeste da bacia, Figura 3.2, numa

ampla área no topo da vertente entre os drenos principais, em rampas longas, acima de 1.000 m, ocupa 30,5 km² equivalendo a 9% da área (Tabela 3.2). As altitudes variam de 677 m a 823 m, declividade média de 2,7%, erodibilidade fraca, elevado potencial de escoamento, na classificação anterior correspondiam aos Latossolo Vermelho Escuro distrófico, A moderado, textura argilosa a muito argilosa, fase cerrado, relevo plano a suave ondulado (LEd1) e Latossolo Vermelho Escuro distrófico, A moderado, textura média, fase cerrado, relevo suave ondulado a plano.

17. LVAd + LAd: LATOSSOLOS VERMELHO – AMARELOS Distróficos associado com LATOSSOLOS AMARELOS Distróficos , ocorrem numa faixa no setor norte da bacia que inicia além da cabeceira do Córrego Brilhante e se estende até o setor leste da bacia (Figura 3.2), ocupa 21,5 km² ou 6,3% da área total (Tabela 3.2). A declividade média é de 3,5%, estão em sua maioria, sobrepostos a rampas com comprimentos superiores a 1.000 m, a altitudes varia entre 553m a 849m, erodibilidade fraca, potencial de escoamento elevado, eram classificados no antigo sistema como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, A moderado, textura argilosa, fase cerrado, relevo suave ondulado a plano + Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, A moderado, textura média, fase cerrado, relevo suave ondulado.

3.3.2 – Caracterização Geológica

A Carta Geológica da área de estudo foi adaptada de Gonçalves e Schneider (1970) que verificaram a ocorrência de três unidades geológicas na Região Centro Leste de Mato Grosso: Formação Cachoeirinha, Formação Furnas e Formação Ponta Grossa, as quais aparecem com destaque na BHTAM (Figura 3.4).

A Formação Furnas aparece no fundo dos vales numa estreita faixa ao longo dos principais canais de drenagem. Em áreas mais inclinadas o seu limite litológico ocorre justamente na transição de relevo inclinado para um relevo mais plano, A Figura 3.5 refere-se ao afloramento de rocha da Formação Furnas, encontrado no setor leste da BHTAM, nas proximidades do Córrego Brilhante a poucos quilômetros antes da curva que este faz e segue em direção ao

Córrego Amaral. Esta feição ocupa 87,36 km² o equivalente a 25,73% da área total da bacia (Tabela 3.3).

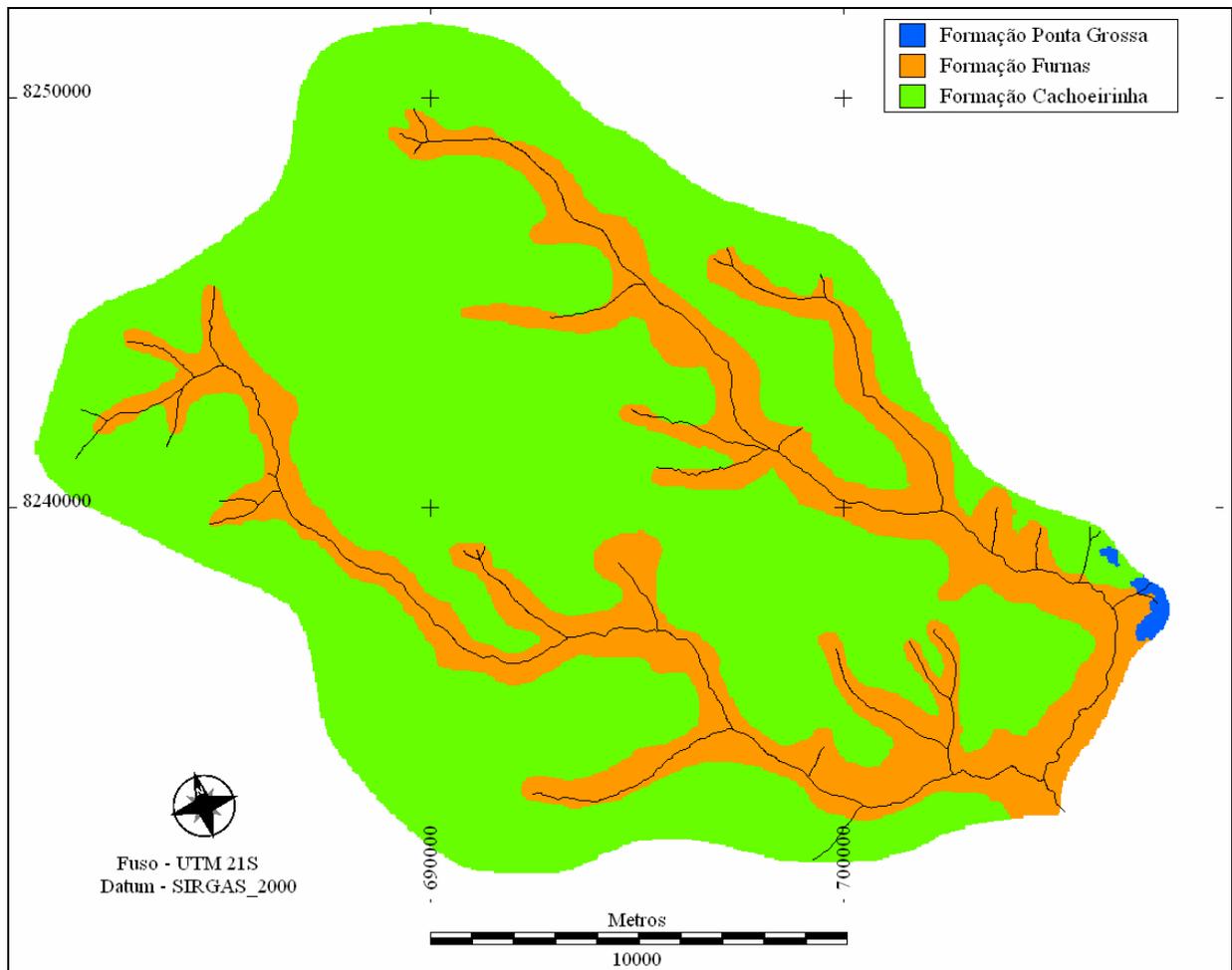


Figura 3.4 – Carta Geológica da BHTAM - (Adaptado de Gonçalves e Schneider, 1970).

A Formação Furnas pertence ao Grupo Paraná, é aceita como uma Unidade basal da borda noroeste da Bacia do Paraná (BARROS et al. 1982). Segundo Gonçalves e Schneider (1970), possui características semelhantes em toda Região Centro Leste de Mato Grosso, região onde está inserida a BHTAM. Esta unidade é formada por sedimentos essencialmente arenosos de cor avermelhada e esbranquiçada com níveis de conglomerados e siltitos argilosos, destacando-se bancos com estratificação cruzada. Sua litologia apresenta-se parcialmente silicificadas em alguns locais, conforme descreve Gonçalves e Schneider (1970) e Barros et al., (1982) está constituída de:

- conglomerado basal, delgado, de cor avermelhada, esbranquiçada, com seixos angulares de quartzo de até 10 cm de diâmetro e matriz arenítica grosseira;

- arenito amarelado, médio a grosseiro, grãos subangulares, pouco argiloso, friável, com níveis conglomeráticos intercalados, estratificação plano-paralela;
- arenito amarelado, fino-médio, bem classificado, grãos subangulares, pouco argiloso estratificação cruzada acanalada e friável e;
- siltito amarelado, avermelhado, fino-médio, bem classificado, grãos angulares a subangulares, pouco argiloso, estratificação plano-paralela, friável.

Regionalmente a formação Furnas distribui-se numa faixa N-S que se estende desde a Chapada dos Guimarães até o extremo sul da área (altura do paralelo 16) ao longo das bordas norte e noroeste da Bacia do Paraná. A leste aflora na região de Barra do Garças e General Carneiro e volta a ocorrer nas regiões denominadas Arco de Torixoréu e Domo de Araguainha (GONÇALVES E SCHNEIDER, 1970).



Figura 3.5 – Afloramento de rocha da Formação Furnas (Foto do Autor).

De acordo com Lacerda Filho (2004), citando Assine (1996), a Formação Furnas é rica em icnofósseis nas fácies arenosas, sua idade ordoviciana inferior é balizada pela Formação Ponta Grossa (.Ordoviciano Inferior a Superior).

Em relação à estratigrafia, Gonçalves e Schneider (1970) descrevem que a Formação Furnas em seu contato inferior é discordante com o embasamento cristalino e o contato superior com a Formação Ponta Grossa, tem sido descrito como transicional por muitos e como abrupto por outros. Esses autores ainda verificaram que na região de Mutum e Jaciara e, também, na região de Barra do Garças o contato é aparentemente transicional passando progressivamente dos arenitos típicos da formação Furnas para arenitos mais finos da formação Ponta Grossa e que, no extremo sudoeste, onde está localizada a BHTAM, o contato é relativamente abrupto.

A Formação Ponta Grossa (Grupo Paraná) ocupa apenas 0,9 km² ou o equivalente a 0,26% da área total da bacia hidrográfica do Alto Tenente Amaral (Tabela 3.3). Esta Formação aparece apenas em duas pequenas manchas situadas no extremo leste da Bacia, numa região com presença de relevos mais movimentados (Figura 3.4).

Tabela 3.3 – Área total em km² e em percentual (%) de ocupação por unidade geológica na BHTAM.

Formação	Área total (Km ²)	Área total (%)
Ponta Grossa (Dpg)	0,90	0,26
Furnas (D1f)	87,36	25,73
Cachoeirinha (ENch)	251,30	74,01
Total	339,56	100,00

Sobre a ocorrência da Formação Ponta Grossa no Centro Leste de Mato Grosso, Gonçalves e Schneider (1970) descrevem que esta apresenta sedimentos clásticos finos de cor original cinza e cinza esverdeada e quando em superfície encontra-se muito alterados por intensa laterização que forma, muitas vezes, espessa capa laterítica e que ocorre constantemente em seu topo banco de 3 a 4 metros, constituídos de esferulitos ferruginosos de origem epigenética. Os mesmos autores discorrem que litologicamente esta formação constitui-se de:

- folhelhos cinza, cinza esverdeado, micromicáceo, fissil, localmente síltico;
- siltito cinza, cinza esverdeado, argiloso, por vezes arenoso, muito micáceo, friável, finamente estratificado e;

- arenito cinza esverdeado, esbranquiçado, amarelado, fino-muito fino, bem classificado, grãos angulares e subangulares, muito argiloso, micáceo, finamente estratificado, friável.

Segundo Lacerda Filho (2004), esta formação foi mapeada nas Regiões Centro-Sul, Leste e Nordeste do Estado, é também considerada de idade Devoniana por apresentar conteúdo fóssilífero (macro e microscópico).

Foi destacado por Gonçalves e Schneider (1970) que na formação Ponta Grossa há uma mudança de fácies de folhelhos e siltitos mosqueados, irregularmente laminados e acamados, com intercalação de arenitos finos para folhelhos cinza escuros, laminados, depositados em ambiente sem influência de correntes. Os autores destacaram também que esta formação ocorre desde Chapada dos Guimarães até o extremo sul da área que pesquisaram (paralelo 16), numa faixa que se alarga e ora se estreita por condições estruturais. Em São Vicente (Granito São Vicente) esta formação aparece truncada pelos sedimentos da formação Botucatu e diminui progressivamente sua espessura e desaparece a noroeste de Chapada dos Guimarães.

A Formação Cachoeirinha é de idade Terciária (Neogeno), (BRAUN, 1971, citado por LACERDA FILHO, 2004), idade admitida pelo fato da existência de depósitos aluvionares geneticamente associados ao ciclo Sul-Americano. Esta formação predomina na BHTAM cobrindo 251,3 km² bem distribuídos por todos os seus setores, exceto nos fundos dos vales (Figura 3.4), ocupa 74,01% de toda área da bacia (Tabela 3.3).

A Formação Cachoeirinha foi anteriormente identificada e caracterizada por Oliveira e Muhlmann (1965) citados por Lacerda Filho (2004), em um local situado a leste de São Vicente, Mato Grosso, e a denominarão de Unidade “C”; posteriormente Gonçalves e Schneider (1970) propuseram a esta unidade a denominação de Formação Cachoeirinha, nome de uma localidade situada a cerca de 30 km ao norte da cidade de Poxoréu nas proximidades da BR-41, local onde foi encontrado material areno-argiloso inconsolidado, característico desta formação, argilitos cinza com estratificação incipiente e arenitos com níveis de conglomerados.

A litologia da formação Cachoeirinha é composta de sedimentos inconsolidados, areno-argilosos, de cor vermelha, parcialmente laterizados. Localmente pode ocorrer arenito amarelado, médio grosseiro, argiloso, estratificação espessa sugerida por níveis de conglomerado e argilito cinza esverdeado com grãos de areia esparsos e estratificação incipiente (GONÇALVES e SCHNEIDER, 1970).

De acordo com Gonçalves e Schneider (1970), a Formação Cachoeirinha apresenta espessuras em geral de 20 metros, ocorre nos níveis topográficos mais elevados formando extensos chapadões no Norte, Oeste, Sudeste e na porção central da área que pesquisaram. Ela tem sua origem nos sedimentos inconsolidados e detritos areno-argilosos preservados numa superfície de aplainamento de vastas proporções esculpida em clima semi-árido durante uma fase estável do Terciário; constitui-se essencialmente de sedimentos inconsolidados, areno-argilosos, vermelhos que se depositaram discordantemente sobre todas as formações subjacentes, incluindo as rochas do embasamento cristalino.

3.3.3 – Caracterização Climática

A caracterização climática será efetuada a partir da análise das variáveis componentes do balanço hídrico climatológico (Tabela 3.4) e do seu extrato (Figura 3.6), uma vez que o balanço hídrico se constitui num instrumento utilizado para a caracterização, avaliação e comparação do regime hídrico de uma região, sendo indispensável na caracterização das condições climáticas (VIANELLO e ALVES, 1991) e na definição da aptidão agrícola de uma região (MOTA et al., 1970 e CAMARGO et al., 1974).

A Bacia do rio Tenente Amaral de acordo com a classificação de W. Köppen enquadra-se no tipo climático Aw (Clima de savana), tipo predominante da região. Durante o mês mais frio, em julho, a temperatura média nas imediações da BHTAM é de 21,3 °C, superior aos 18 °C, e a precipitação pluvial anual é de 2017,2mm, maior que a evapotranspiração potencial anual que é de 1162,1mm. Esses valores conferem ao local a condição de clima tropical chuvoso, designado pela letra A, conforme a referida classificação (Tabela 3.4).

A letra w é designada em razão da distribuição sazonal da precipitação, no caso da BHTAM pela ocorrência de chuvas durante o verão. Vargas e Hungria, (1997) também definem o clima regional como clima tropical estacional (Aw). Por sua vez, Nimer (1989) caracteriza-o como clima tropical, quente e subúmido com uma estação chuvosa e outra seca (Aw).

A distribuição das precipitações pluviométricas na BHTAM revela que o regime de chuvas é tipicamente tropical. Do ponto de vista sazonal as chuvas ocorrem principalmente no

verão e reduzem durante o inverno. De maneira geral, verifica-se que há dois períodos distintos na área, um chuvoso que vai de setembro a abril e outro seco, de maio a agosto. As precipitações anuais atingem a casa dos 2.000mm. De maio até agosto reduzem sensivelmente, caracterizando esse período como o mais seco. Anteriormente Nimer (1989), também verificou que para a região onde está inserida a BHTAM a duração do período seco estende-se de maio até agosto.

Segundo Vasconcelos (1998), considerando a tipologia climática proposta por Thornthwaite & Mather (1957), o local enquadra-se no tipo B_{4r}A`a`, clima úmido com pequena ou nenhuma deficiência de água, megatérmico. Conforme BRASIL (1997), o clima B_{4r}A`a` é encontrado em áreas de altitudes superiores a 600m sendo este o clima mais úmido de toda região do Alto Pantanal com índice hídrico de 80 a 100 mm, pouca deficiência de água no inverno e evapotranspiração anual superior a 1140mm.

Tabela 3.4 - Balanço Hídrico Climatológico segundo método de Thornthwaite & Mather (1955) para BHTAM.

	T	P	ETP	P-ETP	NEG	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
Meses	°C	mm	mm	mm	AC	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	23,8	306,4	109,0	197,4	0,0	92,0	0,0	109,0	0,0	197,4
Fev	23,8	287,0	100,0	187,1	0,0	92,0	0,0	100,0	0,0	187,1
Mar	23,7	297,7	106,2	191,5	0,0	92,0	0,0	106,2	0,0	191,5
Abr	23,4	173,0	95,4	77,7	0,0	92,0	0,0	95,4	0,0	77,7
Mai	22,1	54,7	80,9	-26,2	-26,2	69,2	-22,8	77,5	3,4	0,0
Jun	21,6	12,0	71,4	-59,4	-85,6	36,3	-32,9	45,0	26,5	0,0
Jul	21,3	14,4	70,6	-56,2	-141,8	19,7	-16,6	31,0	39,6	0,0
Ago	23,1	22,2	90,4	-68,1	-210,0	9,4	-10,3	32,6	57,8	0,0
Set	24,0	93,8	100,9	-7,1	-217,1	8,7	-0,7	94,5	6,4	0,0
Out	24,4	211,0	113,4	97,6	0,0	92,0	83,3	113,4	0,0	14,3
Nov	24,1	240,1	109,9	130,2	0,0	92,0	0,0	109,9	0,0	130,2
Dez	23,9	304,3	113,6	190,7	0,0	92,0	0,0	113,6	0,0	190,7
TOTAL		2017,2	1162,1	855,1			0,0	1028,4	133,7	988,8
MÉDIA	23,2		97				± 83	86	11	82

Fonte: Dados de temperatura (T) e precipitações (P) fornecidos pelo setor de produção agrícola da Usina Pantanal e Instituto Nacional de Meteorologia, 9º Distrito – MT. (NEG AC = negativo acumulado; ALT = alteração; DEF= déficit hídrico; EXC= excedente hídrico), ETP=evapotranspiração potencial, ETr=evapotranspiração real.

As maiores precipitações ocorrem entre os meses de dezembro e março com valores próximo de 300 mm mensais. As menores precipitações ocorrem de maio a setembro com valores inferiores a 100 mm mensais, sendo que os meses de junho, julho e agosto são bastante secos com precipitação mensal inferior a 25mm (Tabela 3.4).

Os totais mensais não se distribuem uniformemente durante o período chuvoso, ocorrendo meses com maior quantidade de chuvas, geralmente durante o verão. A estação chuvosa inicia-se em meados de setembro e estende-se até abril, acumulando somente nesse período aproximadamente 1.900 mm (Tabela 3.4). Dezembro, janeiro, fevereiro e março é o período mais chuvoso na região, podendo chover em média 50% do total anual.

O local apresenta comportamento típico de regiões de baixa latitude, elevadas temperaturas e pouca variação anual. A amplitude térmica anual aproxima de 3,1 °C, sendo que nos meses secos é de 2,4 °C (maio a setembro) e de 1 °C durante a estação chuvosa (outubro a abril). No mês mais frio, em julho, a temperatura média cai para 21,3 °C; outubro é o mês mais quente com temperatura média de 24,4 °C (Tabela 3.4). Esse resultado aproxima-se aos valores apresentados por Nimer (1989), que descreve a possibilidade das temperaturas, em outubro, atingirem a média de 26 °C a 28 °C nessa região em função da posição do sol e pela redução na frequência de dias com chuvas. O trimestre mais frio corresponde aos meses de maio, junho e julho. Os meses mais quentes são entre setembro a novembro com elevados índices térmicos. Em termos médios, a temperatura, num contexto anual, é de 25° C limitada por valores médios extremos de temperatura entre 20° C a 32° C.

A evapotranspiração potencial (Etp) é um elemento climatológico fundamental. Corresponde ao processo inverso ao da precipitação pluvial. Na BHTAM sua distribuição de outubro até janeiro apresenta variação de apenas 4,5mm: nos meses de outubro e dezembro a Etp apresenta os valores mais elevados, na casa dos 113 mm; na época chuvosa a Etp acumulada é de aproximadamente 850 mm e na época seca 300 mm (Tabela 3.4).

A variabilidade sazonal nas taxas de evapotranspiração está associada ao ciclo anual das precipitações. A sua distribuição anual é semelhante à distribuição das precipitações e também das temperaturas apresentando-se mais elevada nos meses em que se verifica maiores volumes de precipitações e temperaturas mais altas. Nas épocas em que as temperaturas e o volume de chuvas são mais baixos a Etp é menor, esta situação fica evidente nos meses de junho e julho, quando as precipitações e as temperaturas decrescem acentuadamente e a Etp reduz a valores próximos a 70 mm (Tabela 3.4).

Seguindo uma tendência regional, observa-se que a Etp atinge valores máximos durante o período chuvoso, geralmente de setembro a abril, quando há maior quantidade de energia solar para proporcionar a evapotranspiração, entretanto reduz sensivelmente, na estação seca.

A evapotranspiração real (Etr) é dependente da cultura praticada, do estágio de desenvolvimento da cultura, da tecnologia agrícola aplicada, das propriedades físicas do solo e da demanda evaporativa. A distribuição dos totais mensais de evapotranspiração real representa a quantidade de água efetivamente utilizada pela plantas. Em outubro, novembro, dezembro e janeiro praticamente não há diferenças na distribuição da Etr, variando de 109 mm a 113,6 mm. Também é nesse período que ocorrem as maiores taxas de evapotranspiração real (Tabela 3.4). No período que vai de outubro a abril a demanda atmosférica é plenamente atendida, pois nesses meses, a distribuição sazonal da evapotranspiração real é igual a distribuição sazonal da evapotranspiração potencial. Nesse mesmo período é também semelhante com a variação das temperaturas.

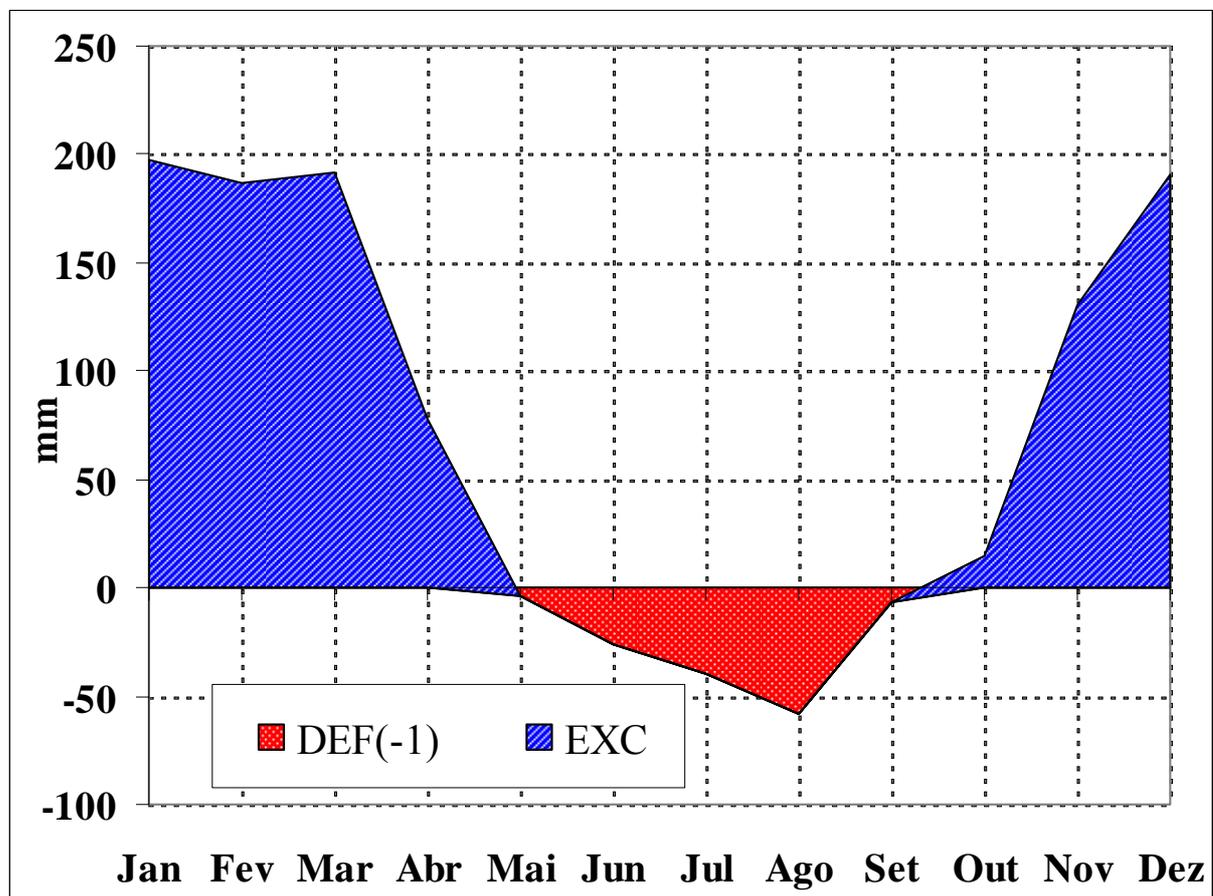


Figura 3.6 – Extrato do balanço hídrico climatológico mensal da BHTAM. (DEF= deficiência hídrica. EXC= excedente hídrico).

A partir de maio até o mês de setembro a Etr reduz gradativamente, tornando-se menor que a Etp, em função da menor quantidade de água disponível no solo. Em setembro com o retorno das chuvas a Etr apresenta um incremento, entretanto, ainda é insuficiente para igualar-se a Etp. Em junho, julho e agosto a Etr reduz a taxas inferiores a 50 mm, em virtude da escassez de chuvas e da redução da quantidade de água armazenada no solo (Tabela 3.4).

O conteúdo de água no solo constitui-se num dos principais fatores dos processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera. Todo o processo de perda de água do solo ocorre em função da quantidade de água armazenada nele. A distribuição mensal da água armazenada no solo de outubro a abril não apresenta diferenças. Durante esses meses, a água disponível às culturas atinge o seu valor máximo de 92 mm, ou seja, o armazenamento nesse período é igual à capacidade de água disponível ou CAD (Tabela 3.4).

Em maio as precipitações se tornam inferiores à Etp, conseqüentemente, a água armazenada no solo apresenta reduções. Nesse mês a redução do armazenamento é significativa, mas ainda há água no solo em quantidade suficiente (superior a 70% da CAD) para o atendimento das necessidades hídricas das plantas (Tabela 3.4). Praticamente de junho até outubro, quando o armazenamento apresenta valores inferiores aos 70% da CAD, a necessidade hídrica das plantas deixa de ser atendida, tornando-se então necessário recorrer ao uso de irrigação para execução das atividades agrícolas. Somente no mês de outubro, após o retorno das chuvas, o armazenamento de água no solo começa a aumentar e iguala-se a CAD.

O déficit hídrico (DEF) é obtido pela diferença entre a Etp e a Etr. Sempre que a Etr for menor que a Etp existirá déficit hídrico, que ocorre em conseqüência da falta de chuvas e da redução do armazenamento de água no solo. Na BHTAM a estação de deficiência de água dura aproximadamente cinco meses. Ocorre de maio até setembro, porém em maio é de apenas 3,4mm; em junho e julho, período caracterizado pela retirada da água do solo, há um aumento gradativo; em agosto a taxa de deficiência hídrica atinge o valor de 57,8mm (Tabela 3.4). Em setembro, com o retorno das chuvas, o déficit hídrico diminui para 6,4mm. Durante a estação seca o déficit acumulado é de 133,7 mm e em outubro, quando as precipitações tornam-se mais elevadas, não há mais deficiência hídrica.

De certa forma esses resultados estão de acordo com Nimer e Brandão (1989) que afirmam que o período de deficiências hídricas no cerrado, região onde se insere a BHTAM, dura entre cinco a sete meses.

Quando o solo atinge um nível máximo de estocagem de água qualquer nova entrada de água no sistema constitui-se em excedentes hídricos (EXC). O período de excedentes hídricos na bacia hidrográfica do Rio Tenente Amaral inicia em outubro e estende-se até abril quando reduz em razão do declínio das chuvas (Figura 3.6). Em outubro é de apenas 14,3 mm e nesse mês toda chuva que cai contribui para a reposição de água no solo; de dezembro até março o excedente hídrico mensal é superior a 190mm e nesse período é gerado aproximadamente

988,8mm de excedentes hídricos, caracterizando-o como o período de maiores excedentes ou período das águas (Tabela 3.4).

3.4 – Caracterização Geomorfológica

Medições efetuadas nas cartas por meio de comandos específicos do software Idrisi® aferiram que a área total da bacia é de 339,56 Km² e seu perímetro alcança 75,5 km; o comprimento do córrego Amaral é de 30,6 km e do córrego Brilhante 26,8 km; todos os segmentos dos canais somam 153,8 km e o comprimento maior da bacia medido em linha reta é de 23,4 Km.

No Modelo Digital de Elevação do Terreno (ANEXO A1) contendo os drenos verifica-se que os dois canais apresentam direção preferencial de NE para SW, característica também observada por Ross (2003) para os canais de drenagem dessa região. O índice de sinuosidade aponta que a drenagem apresenta canais muito retos, padrão subdendrítico e vales abertos. O desnível altimétrico é de 437 m, a densidade dos rios é 0,06 rios por Km², enquanto a densidade de drenagem é muito baixa (0,45 Km/Km²), conseqüentemente, nesta bacia hidrográfica a taxa de infiltração das águas das chuvas é grande, o que teoricamente traz menores riscos de erosão.

Conforme o método de Strahler (1952), citado por Christofolletti (1980), a hierarquia fluvial dos cursos d'água classificam os dois principais drenos desta bacia como de terceira ordem e na junção desses canais originam um canal de quarta ordem. O padrão de drenagem na bacia é subdendrítico com vales em “V” abertos ou mesmo planos, padrão típico desenvolvido sobre rochas de resistência uniforme, ou em estruturas sedimentares horizontais (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Neste estudo o relevo foi classificado com base nos principais fatores de sua gênese, sendo considerado como relevo denudacional (D) em superfícies de aplanamento pediplanada e em superfícies de dissecação estrutural, os quais foram detalhados quanto ao nível taxonômico, a gênese e o grau de dissecação (Tabela 3.5).

O conjunto de formas é sustentado principalmente por rochas das Formações Ponta Grossa, Furnas e sedimentos do Terciário. Os estudos geomorfológicos, além dos aspectos relativos à morfodinâmica do relevo, objetivam também definir a compartimentação das suas unidades, identificando, classificando e caracterizando os diferentes padrões de formas nelas encontradas.

A BHTAM está inserida em duas grandes unidades do relevo: Bacia do Paraná que é a Unidade Morfoestrutural ou primeiro compartimento do relevo, que por sua vez abriga o segundo compartimento, nomeado de Chapada e Planalto dos Guimarães, que corresponde à Unidade Morfoescultural ou ao subcompartimento do relevo regional.

Em um terceiro compartimento a BHTAM apresenta um sistema de superfície de aplanamento com suave dissecação o qual apresenta maior extensão na bacia. Este subcompartimento ocupa as porções norte, central, sul e sudoeste da bacia; apresenta topos planos a tabulares, vertentes longas e retilíneas e em alguns locais são levemente convexas. O padrão de forma dominante nesses compartimentos das porções norte, central, sul e sudoeste da bacia, é o que indica interflúvios com dimensão acima de 900 m e entalhe dos vales fluviais inferiores a 40m e entre 40m a 80m (Dt11 e Dt21) respectivamente (Tabela 3.1). As declividades são baixas, inferiores a 6%, porém nas proximidades dos drenos pode chegar a 12% (Tabela 3.5). Ainda no terceiro compartimento do relevo, encontra-se na BHTAM o sistema de superfícies de dissecação estrutural com fraco aprofundamento das incisões (Dc11) inferior a 40m (Tabela 3.1). Este ocorre em manchas isoladas na porção oeste da bacia, ocupando as cotas topográficas de 400 a 600 m, na margem esquerda do Córrego Brilhante quando este se curva em direção ao córrego Amaral (Tabela 3.5).

A BHTAM apresenta interflúvios amplos com índices de dissecação Dc11, Dt11 e Dt21. Essas formas apresentam dimensão interfluvial acima de 900 m com entalhe dos vales fluviais abaixo de 80 m. Trata-se de superfície amplas com topos convexas a planos. As vertentes são compostas por segmentos retilíneos e convexas, são simétricas e contínuas. O padrão de drenagem neste setor também é subdendrítico.

A mineralogia dos solos com maior incidência na BHTAM é basicamente formada por um material argilo-arenoso a argiloso e também por sedimentos arenosos e siltitos arenosos inconsolidados, proporcionaram o desenvolvimento de solos espessos no local com predominância para os LATOSSOLOS, nas imediações dos drenos PLINTOSSOLOS e NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS.

Tabela 3.5 – Resumo esquemático do ordenamento geomorfológico na BHTAM.

DOMÍNIO MORFOES-TRUTURAL	UNIDADE MORFOES-CULTURAL	SISTEMAS DE RELEVO	MODELADO	MORFOMETRIA	MORFOGRAFIA	GEOLOGIA/LITOLOGIA	FORMAÇÕES SUPERFICIAIS	PEDOLOGIA	DINÂMICA SUPERFICIAL
Bacia do Paraná	Planalto e Chapada dos Guimarães	Padrões em Colinas (DENUDAÇÃO) 'D'	(MODELADO DE APLANAMENTO)	Altitudes de 500 a 820m Declividades < 6% Índice de dissecação é Dt11 dimensão interfluvial >900m e entalhe dos vales menor de 40m e Dt21 o que indica dimensão interfluvial >900m e entalhe dos vales entre 40 a 80m.	Topos planos e vertentes longas, Superfície > 1km subnivelada retas e ligeiramente convexas, que formam rampas extensas. Segmentos de topos tabulares, levemente convexizados. Formas ligeiramente convexas nos seguimentos inferiores e intermediários das vertentes Vales amplos e erosivos com canais de terceira ordem. Baixa densidade de drenagem (0,5 km/km).	Formação Cachoeirinha e Furnas no fundo dos vales. Sedimentos argilosos inconsolidados – arenitos finos e médios e siltitos – sedimentos arenosos e siltito arenosos inconsolidados	Regolito arenoso, argiloso, Material pedogenizado/cobertura detrítica indiferenciada com laterita pisolítica.	Areias Quartzosas, Latossolos Vermelhos Amarelos Distróficos, Latossolos Vermelhos Escuros e Distróficos Gleissolos Haplicos	Processos erosivos de baixa intensidade e freqüência. Escoamento difuso, Voçorocas e ravinas localizadas Assoreamento de pequenos canais.
			(MODELADO DE DISSECAÇÃO)	Altitudes 400 - 600 Declividades 8% a 20% Índices, Dc11. Essa forma apresenta dimensão interfluvial média acima de 900m com fraco entalhamento dos canais fluviais < 30 m em média.	Superfície de colinas com topos convexos a planos com rupturas positivas sutis nas passagens para as vertentes. Estas, são compostas por segmentos retilíneos e convexos, são simétricas e contínuas. Formas em patamares escalonados condicionado por falhamento de direção N-S. Topos tabulares e convexos. Baixa densidade de drenagem (0,5 km/km).	Formações Furnas e Ponta Grossa./ Arenitos finos e médios – siltitos, arenitos finos e folhelhos.	A cobertura superficial para essas formas indicam manto de alteração profundo, de constituição arenosa a argilosa em função da rápida desagregação das rochas do substrato.	Areias Quartzosas e Plintossolos Concrecionários e Latossolos Vermelhos Amarelos	Processos erosivos ocorrem restritamente, mais em função da franca constituição dos materiais superficiais, prevalece a erosão laminar.

Fonte: Vasconcelos (1998) e Ross e Santos (1982).

Nos NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS nota-se a ocorrência de diferentes processos erosivos, inclusive erosão em forma de voçorocas nas proximidades da cabeceira do Córrego Brilhante conforme consta nas ilustrações da Figura 3.7. Nos LATOSSOLOS percebem-se algumas erosões em ravinas nas áreas com intensa atividade antrópica, mesmo naqueles locais mais elevados e de materiais superficiais com constituição argilosa. Os processos erosivos em sulcos com possibilidades de evolução para voçorocas ocorrem principalmente nas áreas de maior declividade e nas estradas projetadas de forma inadequadas que cortam os talhões, que em geral são mal cuidadas, sem as lombadas e outras obras que permitam a contenção do escoamento superficial e principalmente aquelas situadas em locais com solos da classe PLINTOSSOLOS (Figura 3.8).

A presença desses processos erosivos, sejam eles difusos, em sulcos ou voçorocas, têm sua ocorrência com mais intensidade e freqüência nas proximidades das cabeceiras dos córregos, locais onde os materiais superficiais são constituídos por sedimentos arenosos e siltitos arenosos inconsolidados e declives mais acentuados. Entretanto, esses processos erosivos resultaram muito mais em razão do manejo inadequado e do mau uso do solo do que pela natureza dos materiais que deram origem aos solos da bacia.

Pela dinâmica superficial são mais esperados para a BHTAM processos erosivos com baixa intensidade e freqüência, devido ao predomínio de escoamento difuso e taxa de infiltração alta. Entretanto a extensão das rampas, a constituição arenosa dos materiais superficiais e o elevado potencial erosivo das chuvas locais podem levar à ocorrência de processos erosivos e assoreamentos de canais, principalmente, quando o uso do solo não for realizado adotando-se práticas conservacionistas de caráter mecânico, edáfico ou vegetativas.

Os sistemas e as formas de relevo encontradas na maioria da bacia oferecem condições topográficas ideais para a utilização de máquinas na produção agrícola. Se por um lado essa característica permite obter mais rendimentos na atividade agrícola, entretanto por outro lado ela trás consigo com o passar do tempo redução da capacidade produtiva dos solos pela diminuição da fertilidade, além de sérios impactos ambientais.

Além da topografia predominante a constituição arenosa dos materiais que compõem esses sistemas na bacia, combinado ao manejo inadequado do solo pode carrear grandes quantidades de sedimentos e, assim, contribuir para o assoreamento dos cursos d'água que correm em direção ao Pantanal.



Figura 3.7 – Voçorocas em área próxima a cabeceira do Córrego Brillante, em local de ocorrência de NEOSSOLOS QUARTZAR ÊNICOS (Fonte: Google Earth).

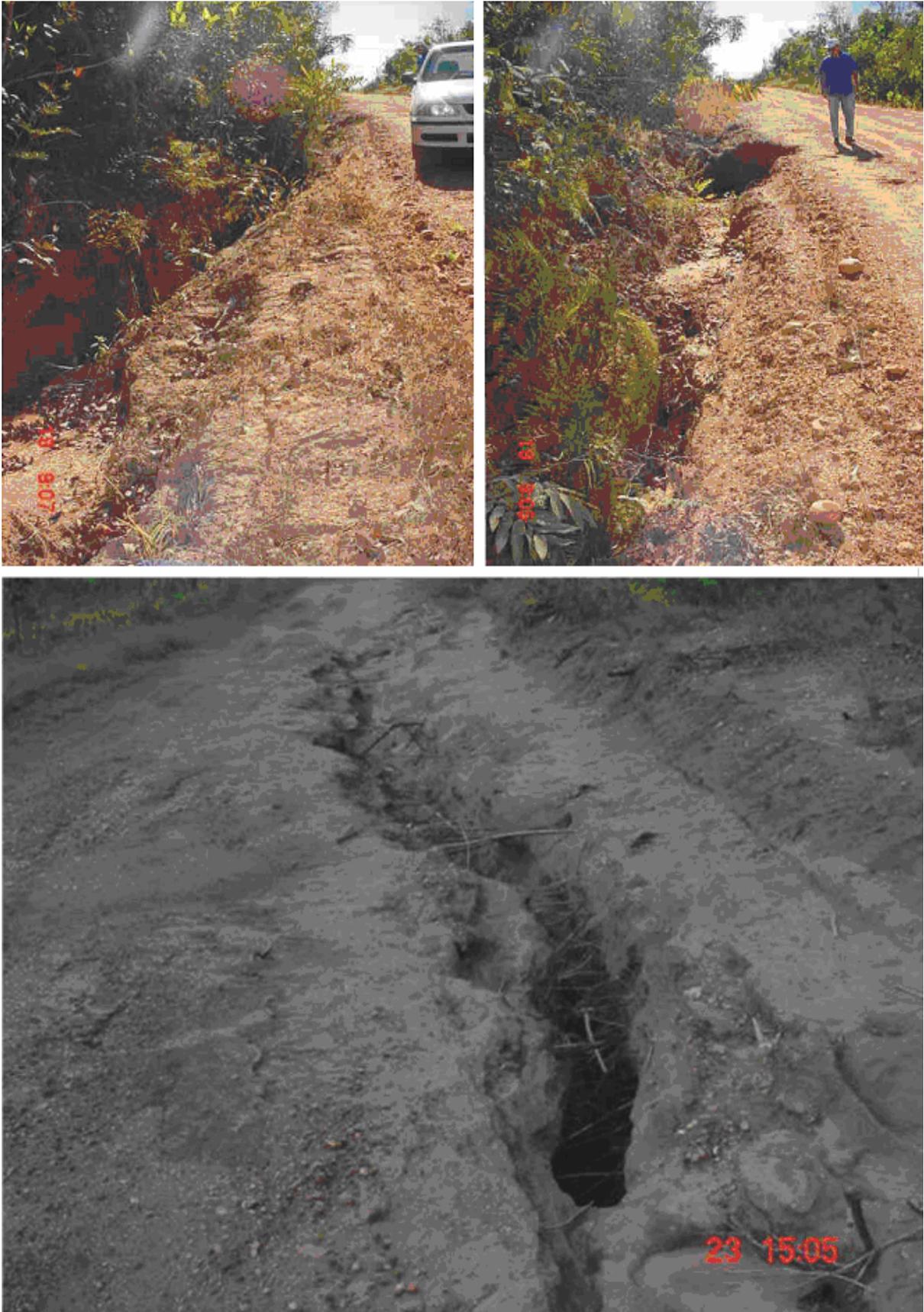


Figura 3.8 - Erosão em sulcos provocada pelo escoamento superficial nas estradas que cortam os talhões em áreas cobertas por PLINTOSSOLOS (Fotos do Autor).

3.5 – Caracterização da vegetação e do uso do solo

A Bacia Hidrográfica do Tenente Amaral encontra-se em área de domínio do Cerrado, porém estão representados no local remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual. Em razão das características favoráveis a exploração agropecuária a maior parte das formações vegetais naturais foram retiradas e deram lugar a uma baixa diversidade de cultivos agrícolas.

O Inventário Florestal da Vegetação Natural bem como o mapa de vegetação e uso atual efetuados por Vasconcelos et al., (1999) classificou e delimitou as seguintes tipologias de vegetação remanescentes na BHTAM:

Formações Savânicas (Cerrado):

- Savana Florestada / Cerradão (Sf);
- Savana Arborizada / Cerrado stricto sensu (As);
- Savana gramíneo-Lenhosa /Campo úmido (Sg);
- Savana gramíneo-Lenhosa com Buritis (Sgv);
- Savana Parque /Campo murunduns (Sp);
- Savana Parque com ilhas de floresta estacional Semidecidual (SpFse);
- Savana Parque com ilhas de Savana Florestada (SpSf);

Formações Florestadas

- Floresta Estacional Semidecidual com floresta Estacional Semidecidual Aluvial (Fse)
- Floresta Hidrófila (Fh)

Vegetação Secundária:

- Floresta Estacional Semidecidual secundária(VsFse);
- Savana Florestada secundária (VsSf);
- Savana Arborizada secundária (VsSa);
- Savana Gramíneo-Lenhosa secundária (VsSg);
- Savana Parque secundária (VsSp)

Reflorestamento

- Eucalipto

Entre várias espécies arbustivas e arbóreas típicas do cerrado são encontrados na Bacia: o pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), a lixeira (*Curatella americana* L.), a paineira (*Eriotheca gracilipes* (Schum.) Robyns), o cumbaru (*Dipteryx alata* Vogel), o ipê (*Tabebuia ochracea* (Cham.) Standl), o angelim (*Vatairea macrocarpa* Duck), Angico branco (*Acácia paniculata* Wild.), etc..

Identificar as formas de uso da terra é fundamental para o planejamento das atividades em microbacias. O uso do solo de forma inadequado é um fator agravante da degradação ambiental e provocador de desequilíbrios ecológicos. A Carta de vegetação e uso atual dos solos é imprescindível em todo projeto de levantamento e monitoramento ambiental, pois fornece informações que permitem planejar ações para a gestão correta dos recursos naturais. Acompanhar as mudanças do uso do solo tem grande importância no entendimento das alterações de aspectos sócio-econômicos e ambientais de determinadas áreas.

A ‘Carta de vegetação e uso atual dos solos’ permite verificar a distribuição espacial dos diferentes usos encontrados na BHTAM. O plantio da cana-de-açúcar, cultivos anuais e pastagens apresentam ampla maioria em relação às demais formas de usos verificadas no local (Figura 3.9).

Na BHTAM, as atividades antrópicas mostram-se bastante acentuadas, apenas 16,51% encontra-se ocupada com vegetação natural, sendo que dessas 2,59% são áreas com vegetações secundárias e 4,85% com floresta estacional semidecidual e floresta hidrófila (Fse e Fh) e o restante com as diferentes fisionomias de cerrado (Tabela 3.6).

As formações naturais estão distribuídas principalmente em locais de declividade mais acentuadas, ao longo das margens dos córregos ou em forma de fragmentos florestais sem conectividade, o que vem comprometendo e colocando em risco a sobrevivência das poucas espécies da fauna que restaram (Figura 3.10). A fragmentação florestal produz efeitos nocivos à biodiversidade devido às alterações bióticas e abióticas nas comunidades e ecossistemas (BENEDETTI e ZANI FILHO, 1993) e interfere na qualidade e quantidade dos habitats, no movimento das espécies e no seu tamanho populacional (PIRES; PIRES; SANTOS, 2004).

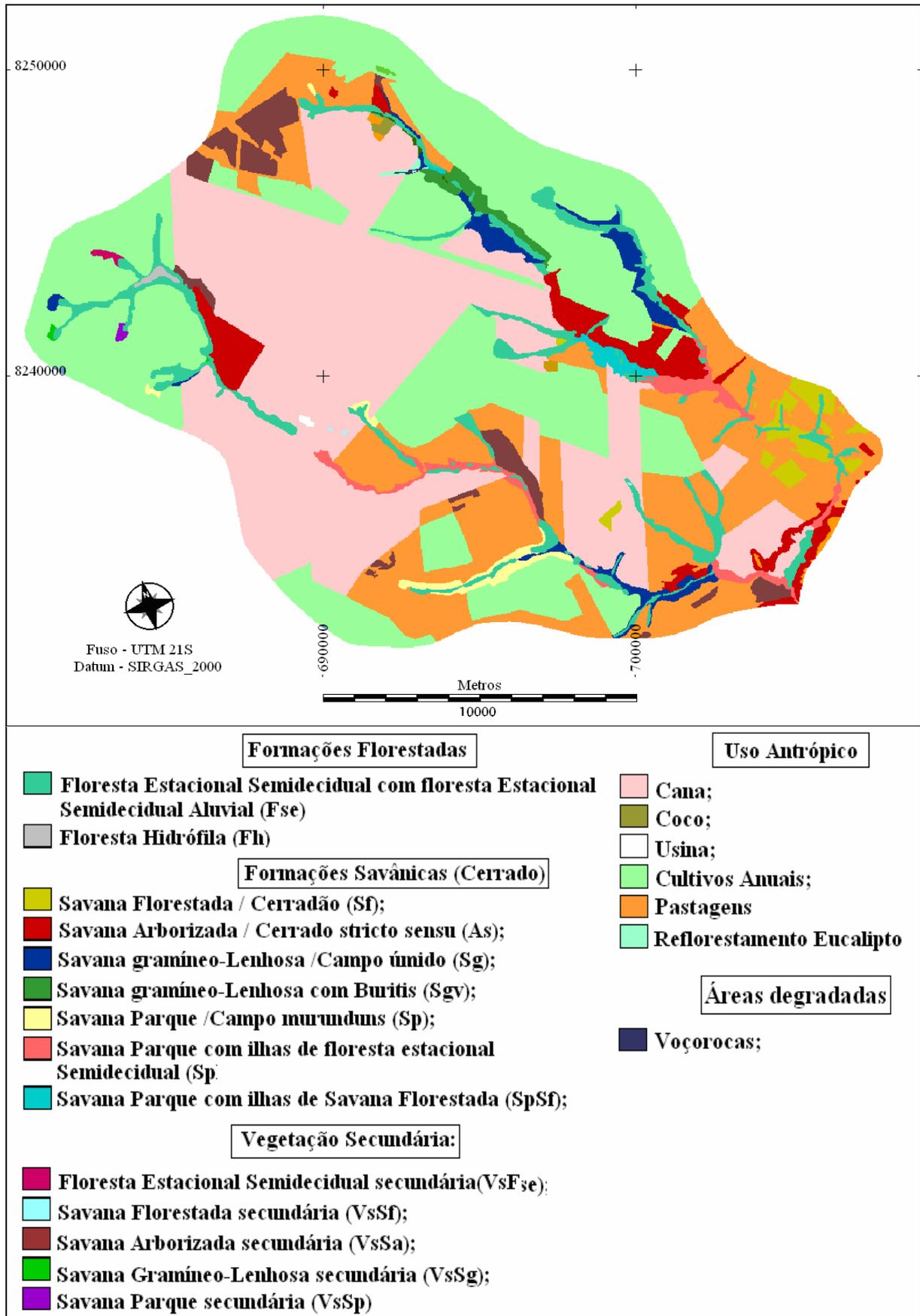


Figura 3.9 – Carta de vegetação e uso atual dos solos da BHTAM - Adaptado de Vasconcelos et al. (1999).

A retirada da cobertura vegetal natural para a implantação de cultivos agrícolas tem gerado graves impactos ambientais e colocado em risco a sustentabilidade ecológica da BHTAM. Além de conseqüências sociais a alteração nas formas de uso trazem consigo efeitos danosos ao ambiente, entre esses: destruição de habitats naturais; diminuição da biodiversidade; destruição da fauna nativa; proliferação de pragas e doenças; contaminação do solo, da água, dos alimentos e dos animais por agrotóxicos; assoreamento de corpos d'água; perda da camada fértil do solo e alteração da paisagem por erosão; diminuição das taxas de infiltração de água no solo; eutrofização dos corpos d'água; perda de nutrientes e liberação de CO₂ para atmosfera pelas queimadas.

Tabela 3.6 – Área ocupada em km² e em percentual (%) por forma de uso na BHTAM.

Uso Atual	Área Ocupada (km ²)	Área ocupada (%)
Fse	16,16	4,76
Fh	0,31	0,09
Sf	4,11	1,21
As	11,33	3,34
Sg	5,45	1,6
Sgv	1,83	0,54
Sp	2,25	0,66
SpFse	4,58	1,35
SpSf	1,25	0,37
VsFse	0,23	0,06
Corpos d'água	0,2	0,06
VsSa	8,35	2,46
VsSg	0,11	0,03
VsSp	0,15	0,04
Cana	109,12	32,13
Coco	0,26	0,08
Usina	0,11	0,03
Voçorocas	0,14	0,05
Cultivos anuais	109,18	32,16
Pastagens	64,16	18,90
Reflorestamento (Eucalipto)	0,28	0,08
Total	339,56	100,00

Por questões de manejo e técnica agrícola utilizada muitas vezes as áreas com culturas anuais e cultura de cana expõem o solo a ação das águas das chuvas durante o período de seu preparo para o plantio. As pastagens por sua vez, quando aplicado o manejo adequado, cobrem o solo durante todo ano, e assim, reduzem a velocidade das enxurradas, levando essas áreas a menor propensão aos processos erosivos que as demais formas de uso antrópico verificada na bacia.

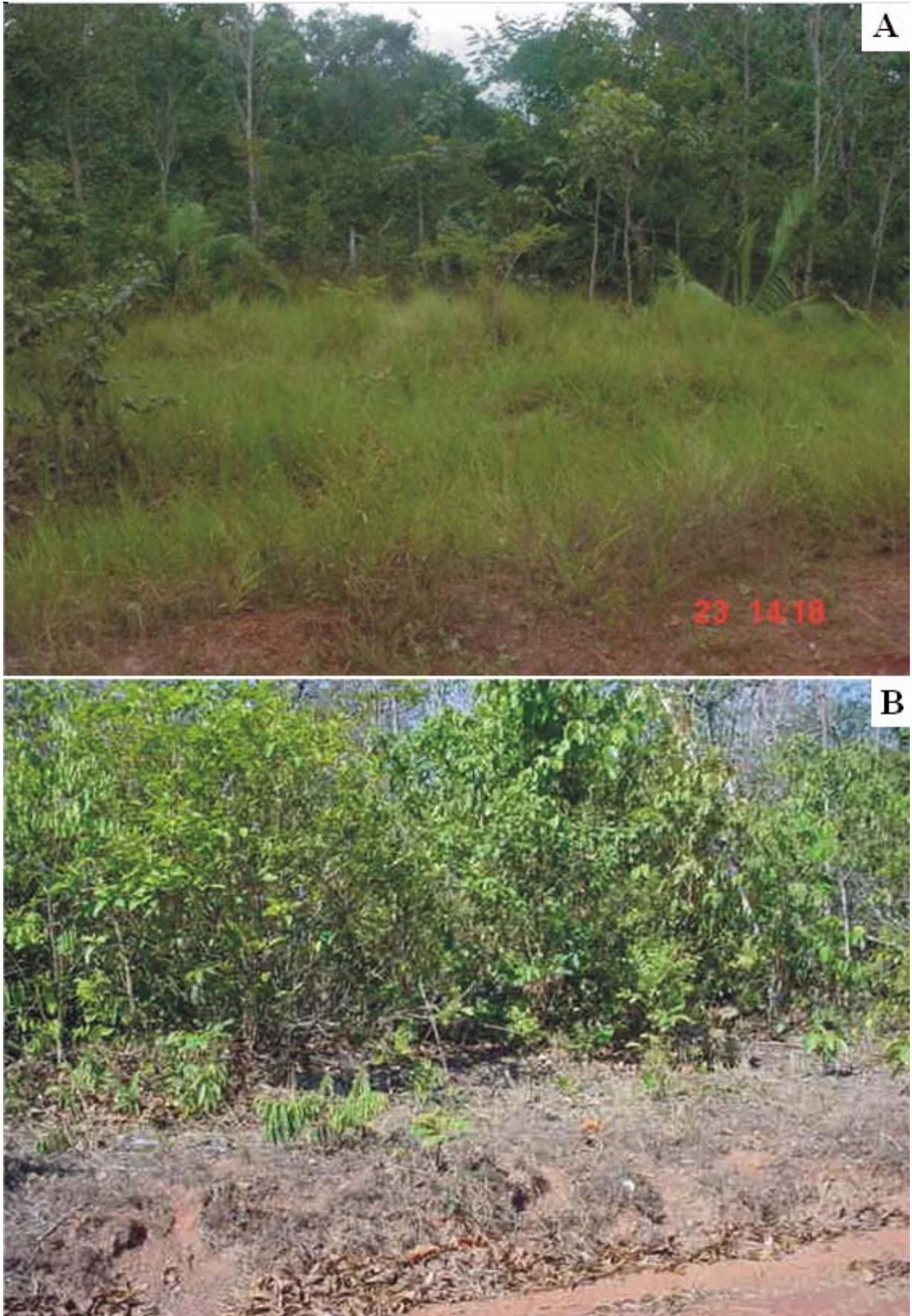


Figura 3.10 – Remanescente de Floresta Estacional Semidecidual (A) e Savana Arborizada - Cerrado stricto sensu (B) (Fotos do Autor).

As voçorocas existentes são encontradas, principalmente nas cabeceiras dos córregos ocupam 0,05% e a área de reflorestamento com Eucalipto e espécies nativas ocupam 0,08%, totalizando 0,42 km². A área das instalações da Usina de cana compreende 0,11 km² ou apenas 0,03% da BHTAM.

As áreas com cultivos anuais encontram-se distribuídas, principalmente, sobre os LATOSSOLOS em locais mais planos o que permite o uso intensivo de máquinas agrícolas, enquanto a pecuária é desenvolvida nos locais mais inclinados nas proximidades das fontes de água e das formações vegetais naturais das áreas de proteção permanente (APP) propiciando a ocupação irregular dessas áreas de forma gradativa ao longo do tempo, tornando-se quase que imperceptível aos olhos dos órgãos ambientais.

Percebe-se que a cada ano as áreas usadas com culturas anuais e pastagens vêm cedendo espaço para o cultivo da cana-de-açúcar, porém avaliação quantitativa dessa mudança requer que sejam efetuados estudos complementares.

3.4 - CONCLUSÕES

A BHTAM apresenta padrão de drenagem subdendrítico densidade de drenagem muito baixa (0,5 km/km²) indicando que a infiltração das águas das chuvas é rápida.

Os solos classificados como LATOSSOLOS em relevo suave são os que predominam na BHTAM em aproximadamente 60% da área total, enquanto os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS ocupam aproximadamente 30% da área, portanto, são as áreas que devem possuir maiores cuidados na utilização da terra e planejamento conservacionista.

Os resultados mostrados no balanço hídrico da BHTAM, servem para caracterizar o clima local e confirmam a classificação do clima regional como do tipo Aw, porém, para que esta confirmação seja definitiva, é necessário ampliar a série histórica dos dados de chuvas e temperatura.

A média anual das chuvas atinge 2017 mm, da evapotranspiração 1162 mm e da temperatura 23,2 °C.

Os sedimentos inconsolidados areno-argilosos, de baixa coesão entre as partículas, de origem Terciária da formação Cachoeirinha predominam no local cobrindo 74% da área da bacia são materiais mais sujeitos a erosão que originam voçorocas.

O relevo da área apresenta modelado de aplanamento em formas tabulares em topos planos e levemente convexizados e modelado de dissecação em formas colinosas amplas com topos convexos e Patamares escalonados. Predomina áreas com declives plano e suave (< 5%) exigindo práticas simples de conservação dos solos.

Na BHTAM, apenas 16,51% da área total apresenta-se ocupada com vegetação natural e, apresenta elevado percentual de uso antrópico, 83,49 % da sua área encontram-se exploradas com culturas anuais, cana, pastagens e outras formas de uso; essa grande quantidade de áreas destinadas a exploração agrícola com baixa diversidade de espécies de cultivos reduz a quantidade de inimigos naturais e pode colocar em risco a sustentabilidade ecológica da BHTAM.

É necessário a implementação de programas que visem a readequação das estradas no local para promover maior controle dos processos erosivos e desta forma reduzir a degradação ambiental na BHTAM.

O uso das ferramentas de Sensoriamento Remoto e SIG mostraram-se apropriados para esse trabalho, produzindo mapas e informações necessários à compreensão de fenômenos sócio-ambientais na BHTAM.

3.5 - REFERÊNCIAS

ACSELRAD, H. Externalidade ambiental e sociedade capitalista. In: Cavalcanti, C. (Org.) **Desenvolvimento e Natureza**: Estudos para uma sociedade sustentável. Recife: Cortez editora: Fundação Joaquim Nabuco, 1995. p.128-138.

ALFONSI, R.R.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; ARRUDA, F.B.; ORTOLANI, A.A.; CAMARGO, M.B.P.; BRUNINI, O.; Métodos Agrometeorológicos para Controle da Irrigação. Campinas, **Boletim Técnico 133**, Instituto Agrônomo de Campinas, 1990, 62 p.

BARROS, A.M.; SILVA, R.H.; CARDOSO, O.R.F.A.; FREIRE, F.A.; SOUZA, J.J., JR.; RIVETTI, M.; LUZ, D.S.; PALMEIRA, R.C. B.; TASSINARI, C.C.G. 1982. **Geologia**. In: Projeto RADAMBRASIL, Folha SD-21, Cuiabá. Rio de Janeiro, MME-SG. p. 25-192. (Levantamento de Recursos Naturais 26).

BENEDETTI, V.; ZANI FILHO, J. Metodologia para caracterização de fragmentos florestais em projetos agro-silviculturais. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., 1993, Curitiba, PR. Floresta para o desenvolvimento: política, ambiente, tecnologia e mercado; **anais**. Curitiba: SBS/SBEF, 1993. v.2, p.400-402.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e conservação de solos**: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 340p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (Brasília, DF). **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (Pantanal) - PCBAP**: análise integrada e prognóstico da Bacia do Alto Paraguai. Brasília, 1997. v.3. 369 p., anexos. Programa Nacional do Meio Ambiente. Projeto Pantanal.

CAMARGO, A.P.; PINTO, H.S.; PEDRO JR., M.J. Aptidão climática de culturas agrícolas. In: **São Paulo, Secretaria da Agricultura. Zoneamento Agrícola do Estado de São Paulo**. São Paulo, v.1, p.109-149, 1974.

CAMARGO, M.N.; KLAMT, E. & KAUFFMAN. J.H. Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil, **Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas. 12 (1): 11-33. 1987.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo, Edgard Blücher/EDUSP, 2º ed. 1980.

EASTMAN, J.R. 1998, Idrisi for Windows, versão 2. **Manual do Usuário**: Introdução e Exercícios Tutoriais. H. Hasenack & E. Weber (eds.), UFRGS/Centro de Recursos Idrisi, Porto Alegre, 235p.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solo (Rio de Janeiro, RJ). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, 1999, 412p.

FRANCO, M.A.R. (2001). **Planejamento ambiental para a cidade sustentável**. São Paulo: Ed. FURB. Annablume. Fapesp. 296 p.

GONÇALVES, A. SCHNEIDER, R. L. **Geologia do Centro Leste de Mato Grosso**, Ponta Grossa. PETROBRÁSDESUL, 1970, 43p (Relatório Técnico Interno, 394).

JACINTHO, L. R. de C. **Geoprocessamento e sensoriamento remoto como ferramentas na gestão ambiental de Unidades de Conservação: o caso da Área de Proteção Ambiental (APA) do Capivari-Monos, São Paulo-SP**. São Paulo 2003. 110p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências – USP. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44133/tde-14082003-230137/publico/jacintho.pdf>>; acesso em: 25/02/2007.

LACERDA FILHO, J. V. de; **Geologia e recursos minerais de Mato Grosso**. Org. JOFFRE VALMÓRIO de LACERDA FILHO, WALDEMAR ABREU FILHO, CIDNEY RODRIGUES VALENTE, CIPRIANO CAVALCANTE de OLIVEIRA e MARIO CAVALCANTE ALBUQUERQUE. Escala 1:1.000.000. Goiânia: CPRM, 2004.

MEDINA, N.M.; Especialização em educação Ambiental na UFMT: Análise e Proposta, In: **Revista de educação pública**, Educação ambiental. Cuiabá: Ed. UFMT, v.2 n° 2, 1993, p. 242 – 258.

MOTA, F.S; GOEDERT, C.O.; LOPES, N.F.; GARCEZ J.R.B.; GOMES, A. da S. Balanço Hídrico do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.5, n.3, p.1-27, 1970.

NIMER, E.; BRANDAO, A.M.P.M., coord. **Balanco hidrico e clima da região dos cerrados**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 162p.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 421p.

PIRES, A. M. Z. C. R.; PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E. dos, Avaliação da Integridade Ecológica de Bacias Hidrográficas. In: José Eduardo dos Santos; Felisberto Cavalheiro; José Salatiel Rodrigues Pires; Carlos Henke Oliveira; Adriana Maria Zalla Catojo Rodrigues Pires. (Org.). **Faces da Polissemia da Paisagem: Ecologia, Planejamento e Percepção**. 1 ed. São Carlos: RIMA Editora, 2004, v. 1, p. 123-154.

PRADO, H. do. **Solos do Brasil-gênese, morfologia, classificação e levantamento**. 1ª ed. Piracicaba: 2000. 182p.

PRUSKI, F. F.; BRANDÃO, V. dos S.; SILVA, D. D. da.; Escoamento superficial. 1. ed. Viçosa - MG: Editora UFV, 2006. v. 1. 87 p.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3ª.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65p.

ROCHA, J.V.; LOMBARDI NETO, F.; BACELLAR, A.A.A. Metodologia para determinação do fator comprimento de rampa (L) para a Equação Universal de Perdas de Solo. **Caderno de Informações Georreferenciadas (CIG)**, v. 1 n. 2, 1997. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/revista/cigv1n2n1.html>> Acesso em: 11 fev. 2006.

ROSS, J.L.S. E SANTOS, L.M. **Geomorfologia da Folha SD.21-Cuiabá**. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais, 26. Folha SD.21-Cuiabá. Rio de Janeiro. 1982.

ROSS, J.L.S. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomorfológicos e a Questão da Taxonomia do Relevo. **Revista do Departamento de Geografia** n°6. 1992.

ROSS, J.L.S. **Geomorfologia Ambiental**. In: Geomorfologia do Brasil. (Orgs.) Sandra Baptista da Cunha e Antonio José Teixeira Guerra, Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro:351-388, 2003.

ROSA, A. V.; **Agricultura e meio ambiente**. 4ªed. São Paulo: Atual Editora, 2001, 95 p.

SILVA, A. M. Da; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e Hidrosedimentologia em Bacias Hidrográficas**. 1. ed. São Carlos: Rima Editora, 2003. v. 1. 138 p.

SPÖRL, C. **Análise da Fragilidade Ambiental Relevo-Solo com Aplicação de Três Modelos Alternativos nas Altas Bacias do Rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata**. 2001, Dissertação (Mestrado em Geografia). São Paulo: FFLCH – USP, 2001.

THORNTHWAITE, C.W. & MATHER, J.R. The water balance. Publications in: **climatology**. Laboratory of Climatology, New Gersey, v.8, 1955, 104p.

VALERIANO, M.M., **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul**, São José dos Campos, SP INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-10550-RPQ/756). 72p., 2004. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/rep-/sid.inpe.br/sergio/2004/06.30.10.57>>. Acesso em: 22 jan. 2005.

VASCONCELOS, T.N.N. **Interpretação morfológica da bacia do rio Tenente Amaral, Jaciara-MT**: Condição básica para sua caracterização ambiental. 1998. 160p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - IB-UFMT. Cuiabá.

VASCONCELOS, T.N.N; BARROS, L.T.L.P; MONTEIRO, J.R.B. **Estudo Integrado da Bacia do rio Tenente Amaral uma Proposta de Zoneamento Ambiental**. Governo do Estado de Mato Grosso, Fundação Estadual de Meio Ambiente – FEMA – PRODEAGRO – BIRD – Cuiabá-MT. 1999.

VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M., ed. **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. 524p.

VEIGA, T. C.; XAVIER DA SILVA, J. Geoprocessamento Aplicado à Identificação de Áreas Potenciais para Atividades Turísticas: O Caso do Município de Macaé-RJ. In: Jorge Xavier da Silva; Ricardo Tavares Zaidan. (Org.). **Geoprocessamento & Análise Ambiental**: Aplicações. 1ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004, v., p. 179-215.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, UFV, 1991, 449 p.

CAPÍTULO 4 - SUSCETIBILIDADE E POTENCIAL À EROSÃO NA MICROBACIA DO RIO TENENTE AMARAL - JACIARA, MATO GROSSO, BRASIL.

4.1 - INTRODUÇÃO

A erosão é um processo natural que interfere nos ciclos dos nutrientes de um determinado sistema. A erosão é continuamente realizada pela natureza por meio da força dos ventos e do movimento das águas. Entretanto, quando ela é acelerada pelas atividades humanas, retira do ambiente os elementos essenciais ao seu processo normal de realimentação. Os nutrientes percorrem caminhos cíclicos e são constantemente reutilizados pelos seres produtores antes que se percam nos sedimentos, na atmosfera, nas águas corrente ou nos lençóis de água subterrâneos. Quaisquer mudanças nos ciclos podem causar desequilíbrios nos ecossistemas.

A erosão é um processo natural de desagregação, deslocamento e deposição de partículas de solos; é causada principalmente pela ação da água e do vento (Schafer et al., 2001). Ocorre em áreas de ocupação agrícola, porém, as áreas urbanas e aquelas com vegetação natural não estão livres da erosão. A erosão hídrica é considerada por Bertoni e Lombardi Neto (2005) como a mais séria causa do depauperamento acelerado dos solos e como a forma de perdas de solos que ocorre com mais frequência.

A erosão que ocorre naturalmente é parte da evolução do relevo do planeta, porém a intervenção humana sobre o meio natural promove alterações que intensificam os processos erosivos. Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2005) e Salomão (1999) as características do meio físico que mais interferem, tornando os solos menos ou mais suscetíveis à erosão, são: as propriedades intrínsecas dos solos, o embasamento geológico, os fatores climáticos, a topografia e a cobertura do terreno.

Entre as diferentes formas de erosão, a hídrica é a de maior ocorrência e também responsável pela degradação de grande parte dos solos no Mundo. Machado e Vettorazzi (2003) afirmam que a erosão é a principal maneira de degradação das terras cultiváveis.

O problema da erosão dos solos no Brasil é proveniente de uma combinação de fatores tanto sócio-econômicos quanto físicos. A erodibilidade dos solos, a declividade, as formas

do relevo, a erosividade das chuvas, a cobertura vegetal, o manejo adotado e as práticas conservacionistas utilizadas determinam e condicionam os processos de erosão pela água das chuvas numa área específica.

Nos últimos anos, as regiões atingidas por erosão vêm aumentando e a principal causa da erosão e das perdas de solos férteis é a utilização de forma inadequada dos solos (BERTONI E LOMBARDI NETO, 2005). Os agricultores em geral utilizam técnicas e manejos que alteram as suas propriedades. Essas modificações aceleram os processos erosivos, causam a perda da fertilidade dos solos e o assoreamento dos corpos d'água, trazendo como conseqüências: redução da capacidade produtiva dos solos, principalmente pela perda do horizonte A; diminuição no potencial hidráulico e queda na disponibilidade de água para o abastecimento da população.

O intenso uso agrícola desagrega a estrutura do solo, fragiliza-o e torna-o mais suscetível à erosão. Na atividade pecuária o trânsito contínuo do gado compacta o solo e facilita a sua impermeabilização e a ação das águas das chuvas que escorrem nesses locais promovem a formação de sulcos que intensificam a erosão.

Em Mato Grosso a ocupação de novas áreas de Cerrado para a expansão da pecuária, dos cultivos da soja, da cana e do algodão, está levando à ocupação de solos arenosos sem considerar a sua aptidão natural. Em geral, esses solos apresentam limitações, entre as quais, elevada acidez, baixa fertilidade e suscetibilidade à erosão.

A elevada intensidade das chuvas aliada à existência de solos frágeis e ao tipo de manejo adotado intensificam os processos de erosão hídrica no Estado. Vasconcelos (1998) destaca que a ocupação desordenada e sem critérios de planejamento, utilizando práticas de uso e parcelamento do solo inadequados e ineficientes, produzem cenários de degradação observáveis na paisagem geográfica de Mato Grosso.

Nesse contexto está inserida a bacia hidrográfica do Rio Tenente Amaral, com solos em sua maioria de textura arenosa, intensa atividade agrícola com baixa diversidade de cultivos e alguns processos erosivos difusos e em forma de voçorocas.

Na intenção de compreender e solucionar os problemas de erosão e perda da fertilidade dos solos, assoreamento e poluição dos cursos d'água, têm-se realizado pesquisas que caracterizam os aspectos técnicos, econômicos e ambientais que propiciaram o surgimento de uma série de tecnologias de prevenção e combate à erosão que auxiliam na mitigação de impactos ambientais causados pela ação antrópica, porém, esses resultados ainda não são suficientes.

Assim, visando contribuir com estudos e acréscimos de dados técnico-científicos que levem ao entendimento dos processos erosivos e a identificação dos riscos ambientais, buscase neste trabalho, com o uso de técnicas de geoprocessamento, produzir cartas temáticas que caracterizam o meio físico, estimam a suscetibilidade e o potencial à erosão laminar em parte da bacia hidrográfica do Rio Tenente Amaral (BHTAM) em Jaciara – MT. Essas cartas poderão servir de subsídio ao planejamento territorial e à escolha de práticas agrícolas mais adequadas para a área estudada.

4.2 - METODOLOGIA

Segundo Veneziani et al. (1998), existem vários critérios que podem ser usados para a definição do potencial erosivo de uma região. Neste trabalho opta-se por determinar a suscetibilidade e o potencial à erosão laminar na BHTAM, seguindo o roteiro metodológico apresentado por Salomão (1999).

Segundo essa metodologia, conforme mostra a Figura 4.1, por meio da integração e análise de fatores determinantes (erodibilidade e declividade) e de fatores complementares (erosividade e comprimento das encostas), pode-se determinar e mapear a suscetibilidade à erosão laminar das áreas ocupadas com fins agrícolas. Com o cruzamento matricial da carta de suscetibilidade à erosão com a carta de classes de uso e ocupação atual do solo obtém-se a carta de potencial à erosão laminar.

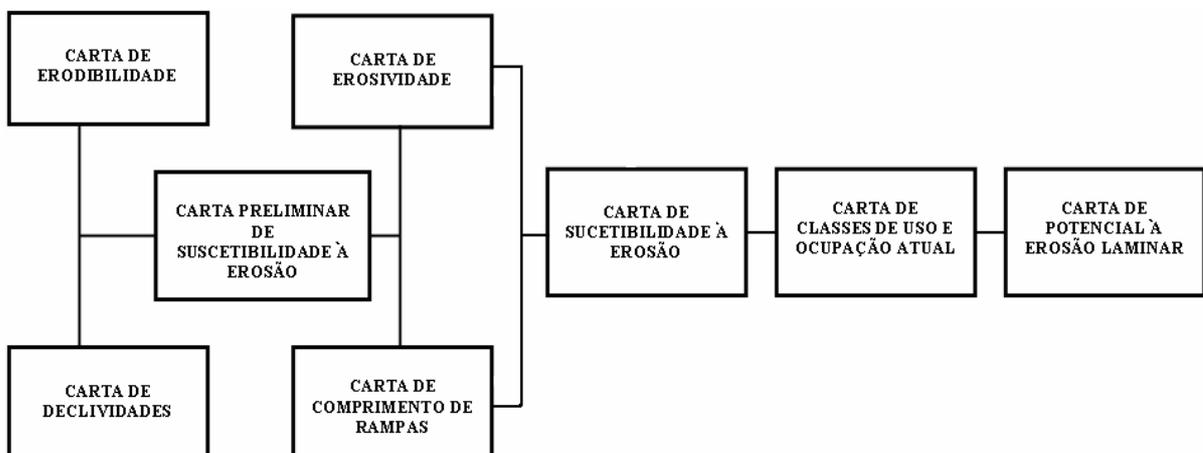


Figura 4.1 – Esquema metodológico para definição das classes de suscetibilidade à erosão laminar e potencial a erosão laminar - Fonte: Salomão (1999).

A confecção da carta de erodibilidade, usada neste trabalho, foi efetuada por meio de operação de reclassificação do mapa pedológico, associando as classes de solos NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS; PLINTOSSOLOS; LATOSSOLOS; ORGANOSSOLOS E GLEISSOLOS às classes de erodibilidade Muito Forte; Moderada; Fraca e Muito Fraca, as quais consideram os respectivos índices relativos de erodibilidade de cada solo, conforme e indicado na Tabela 4.1.

A carta de declividades foi elaborada a partir do DEM (ANEXO A1). Os intervalos de declives adotados foram de 0 a 6%, 6 a 12%, 12 a 20% e acima de 20%.

Tabela 4.1 - Classes de erodibilidade relativa das unidades pedológicas.

Classes de Erodibilidade	Índices relativos de Erodibilidade	Unidades Pedológicas*
1 (MUITO FORTE)	10,0 a 8,1	Cambissolos, Solos Litólicos, Podzólicos abruptos, textura arenosa/média. Areias Quartzosas. CAMBISSOLOS, NEOSSOLOS LITÓLICOS, ESPODOSSOLOS, CHERNOSSOLOS, ARGISSOLOS abruptos de textura arenosa média/argilosa e NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS.
2 (FORTE)	8,0 a 6,1	Podzólicos não abruptos, textura média/argilosa e textura média. ARGISSOLOS não abruptos de textura média/argilosa, e de textura média.
3 (MODERADA)	6,0 a 4,1	Podzólicos de textura argilosa. ARGISSOLOS, PLANOSSOLOS, PLINTOSSOLOS**
4 (FRACA)	4,0 a 2,1	Latossolo de textura média Latossolo de textura argilosa Terra Roxa estruturada LATOSSOLOS de textura média LATOSSOLOS de textura argilosa NITOSSOLOS
5 (MUITO FRACA)	2,1 a 0	Solos Hidromórficos em relevo plano GLEISSOLOS e ORGANOSSOLOS em relevo plano

Fonte: Salomão (1999) e Fonseca Neto, Salomão e Castro Júnior (2002).

* As unidades pedológicas descritas em letras maiúsculas referem-se à nomenclatura dada pela classificação da EMBRAPA (1999) e em letras minúsculas referem-se à Classificação de Camargo (1987).

** Classificação dada com base em BRASIL (1997).

Para elaborar a carta preliminar de suscetibilidade à erosão laminar, as cartas de declividade e erodibilidade foram integradas por meio de operações, denominadas nos Sistemas de Informação Geográficas (SIGs), de superposição e reclassificação de planos de informação (PIs).

De acordo com Salomão (1999), das diferentes possibilidades de relacionamentos entre quatro classes de declive e cinco classes de erodibilidade obtêm-se cinco novas classes de suscetibilidade à erosão: Extremamente Suscetível (ES); Muito Suscetível (MS); Moderadamente Suscetível (MDS); Pouco Suscetível (PS) e Pouco a Não Suscetível (PNS) (Tabela 4.2).

Para a confecção da carta final de suscetibilidade à erosão laminar, foram feitos diversos levantamentos de campo (verificação da textura do solo, da inclinação e comprimento das rampas, etc.), para comparar se os resultados das cartas eram realmente compatíveis com a realidade do local. Por meio desse procedimento foi possível identificar e corrigir inconsistências nessas cartas. Posteriormente, foi realizada a superposição da carta preliminar de suscetibilidade à erosão com as cartas de erosividade e de comprimento de rampas para, assim, delimitar definitivamente a área de abrangência das classes de suscetibilidade à erosão.

TABELA 4.2 - Critério de definição das classes de suscetibilidade à erosão laminar por meio da relação erodibilidade X declividade.

Erodibilidade (adimensional)	Declividade (%)			
	I >20	II 12 a 20	III 6 a 12	IV < 6
1 (Muito Forte)	I (ES)	I (ES)	II (MS)	II (MS)
2 (Forte)	I (ES)	II (MS)	II (MS)	II (MS)
3 (Moderada)	II (MS)	III (MDS)	III (MDS)	IV (PS)
4 (Fraca)	III (MDS)	IV (PS)	IV (PS)	V (PNS)
5 (Muito Fraca)	Não existe	Não existe	Não existe	V (PNS)

ES= extremamente suscetível; MS = muito suscetível; MDS = moderadamente suscetível; PS = pouco suscetível; PNS = pouco a não suscetível. (Fonte: Salomão, 1999).

O comprimento de rampa (L) para a BHTAM obteve-se com a aplicação da metodologia descrita em Rocha et. al. (1997). Essa metodologia requer que sejam extraídas do DEM informações que comporá uma carta do ângulo de orientação das rampas em relação ao norte, dados de declividade média em graus (a) nas rampas e dados da diferença de altitude em

metros em cada rampa (DH). Posteriormente essas informações foram aplicadas na equação 4.1. Segundo os propositores da metodologia a carta final apresentará os polígonos com as rampas e seus respectivos valores de pixel representando os comprimentos de rampas.

$$L = DH/\text{sen } a \quad (4.1)$$

onde:

L = comprimento de rampa (m)

DH = diferença de altitude na rampa (m)

a = angulo média da rampa (graus)

A capacidade da chuva de causar erosão em uma área sem proteção - erosividade - foi determinada segundo a equação 4.2 proposta por Bertoni e Lombardi Neto (2005) e os resultados foram espacializados usando método de mínima curvatura.

$$R = 67,355 (r/P^{0,85}) \quad (4.2)$$

Onde:

R = Erosividade da chuva;

r = Precipitação média mensal (mm);

P = Precipitação média anual (mm).

Os dados de precipitações pluviais necessários para a confecção da carta de erosividade foram obtidos junto à estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), instalada próximo do local da pesquisa. Também foram usados dados obtidos no setor de produção agropecuária da Usina Pantanal (Grupo Nahun), em sua unidade localizada na área estudada. A partir desses dados, calculou-se a precipitação total anual e as médias mensais para o local.

A carta de vegetação, uso e ocupação das terras foi elaborada por intermédio de classificação supervisionada, usando classificador de probabilidade máxima a partir das imagens CBERS 2 órbita-ponto 165-118 de 12/02/2006 e 22/06/2006, compostas em R2G4B3 e de levantamentos de campo para identificar e reconhecer os alvos.

A partir da reclassificação da carta de vegetação, uso e ocupação das terras, as categorias de uso foram reagrupadas originando, assim, a carta de classes de uso e ocupação atual das terras.

Nessa reclassificação é considerado o porte da cobertura vegetal e a intensidade da ação antrópica no manejo da terra, conforme descrito em Salomão (1999), ou seja, as áreas ocupadas com culturas anuais, tais como, soja, milho e milho são agrupadas na Classe I; as áreas cultivadas com culturas perenes, cana-de-açúcar e pastagens são agrupadas na Classe II; as áreas com pasto sujo e campo cerrado são agrupadas na Classe III; as áreas reflorestadas e florestas são agrupadas na Classe IV e as áreas de várzeas e espelhos d'água são agrupadas na Classe V.

A carta de potencial à erosão laminar é obtida pelo cruzamento matricial ou superposição da carta de suscetibilidade à erosão laminar com a carta de classes de uso e ocupação atual das terras, na nova carta as classes ficam definidas conforme a Tabela 4.3.

O potencial à erosão é definido, conforme a compatibilidade de uso do solo e a suscetibilidade à erosão, em três classes: Alto Potencial (AP), Médio Potencial (MP) e Baixo Potencial (BP). As áreas onde o uso é incompatível são classificadas de Alto Potencial à erosão. As áreas onde o uso é incompatível, porém controlável com práticas conservacionistas, são classificadas de Médio Potencial e, as áreas onde o uso é compatível, com a suscetibilidade à erosão, recebem a classificação de Baixo Potencial à erosão.

Os procedimentos para medir distâncias, calcular áreas, converter, superpor, reclassificar, cruzar, sobrepor, importar e gerar as cartas foram processados no SIG IDRISI®. Todas as cartas apresentam resolução espacial de 30m e foram georreferenciados aos parâmetros do Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul - SIRGAS 2000.

Tabela 4.3 - Matriz de decisão adotada na definição das classes de potencial atual à erosão laminar.

Suscetibilidade à Erosão	Classes de uso e ocupação atual das terras				
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
ES	I (AP)	I (AP)	I (AP)	II (MP)	--
MS	I (AP)	II (MP)	II (MP)	III (BP)	--
MDS	II (MP)	II (MP)	II (MP)	III (BP)	--
PS	II (MP)	III (BP)	III (BP)	III (BP)	--
PNS	III (BP)	III (BP)	III (BP)	III (BP)	III (BP)

Onde: AP = alto potencial; MP = médio potencial; BP = baixo potencial. ES = extremamente suscetível; MS = muito suscetível; MDS = moderadamente suscetível; PS = pouco suscetível; PNS = pouco a não suscetível. (Fonte: Salomão, 1999).

4.3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o entendimento dos processos erosivos o conhecimento das propriedades dos solos é de grande importância, estas propriedades atuam em conjunto e definem o grau de suscetibilidade dos solos à erosão (LORANDI e CANÇADO 2002). Entre essas propriedades, a textura, que representa a combinação dos teores de areia, silte e argila, é a que pode interferir em maior ou menor escala no desencadeamento dos processos erosivos.

Os teores de areia, silte e argila dos solos da BHTAM foram obtidos pela análise laboratorial de amostras retiradas nos locais aonde foram feitas as avaliações dos perfis, para fins de classificação e encontram-se na Tabela 4.4. Nesta tabela verifica-se o predomínio de solos com elevado teor de areia (textura arenosa) e de baixa relação silte/argila.

Essa relação indica o estágio de evolução dos solos e, neste caso, revela alto grau de intemperização; enquanto a textura arenosa, apresentada pela maioria dos solos da BHTAM, pode-se constituir em um fator limitante para o uso da irrigação principalmente em sulcos, devido à baixa capacidade de retenção de água que gera uma alta taxa de infiltração de água no solo e, conseqüentemente, ocorrem elevadas perdas por percolação nos solos que apresentam esta característica textural.

O modelo digital de elevação do terreno ou DEM representa a distribuição espacial das altitudes na bacia e entorno sendo gerado usando as cotas altimétricas obtidas do projeto SRTM. Pelo DEM verifica-se que, no interior da bacia, a altitude decresce aproximadamente de 850m para 330m no sentido oeste-sudeste e apresenta variação topográfica sem contrastes abruptos (ANEXO A1). Os pontos mais elevados do terreno, no setor oeste-noroeste, compõem as linhas que separam as bacias do Paraguai/Paraná e do Araguaia/Tocantins.

A rede hidrográfica, sobreposta ao DEM, composta pelo Córrego Amaral, ao sul, e pelo Córrego Brilhante, ao norte, tem suas nascentes no setor oeste da bacia e no extremo sudoeste convergem formando o Rio Tenente Amaral.

Campos et al. (1997) afirmam que os Modelos Digitais de Elevação constituem-se em banco de dados que possibilitam a obtenção de várias informações importantes e também facilitam a visualização de aspectos naturais como rede de drenagem, vertentes, divisores de águas e identificação de bacias hidrográficas.

Tabela 4.4 - Classes de solos e porcentagens de Areia, Silte e Argila em diferentes profundidades (em cm) do perfil nos pontos de coletas de amostras para análise física.

Classes	Profundidade	Areia	Silte	Argila	Classes	Profundidade	Areia	Silte	Argila	Classes	Profundidade	Areia	Silte	Argila	
(LVw)	0-15	41	8	51	(LVd)	0-15	38	9	53	(LVd)	0-15	32	8	60	
	15-36	36	5	59		15-90	33	10	57		15-90	30	7	63	
	36-74	34	5	61		90-180	37	6	57		90-180	27	6	67	
	74-125	33	6	61		-	-	-	-		-	-	-	-	-
	125-195	36	3	61		-	-	-	-		-	-	-	-	-
(LVd)	0-20	49	7	44	(LVd)	0-20	74	4	22	(LVd)	0-10	63	8	29	
	20-75	39	10	51		20-36	72	4	24		10-75	63	6	31	
	75-180	41	7	52		36-72	66	2	32		75-180	66	7	27	
	-	-	-	-		72-116	66	4	30		-	-	-	-	
	-	-	-	-		116-200	68	2	30		-	-	-	-	
(LVAd)	0-20	60	6	34	(LAd)	0-18	72	5	23	(LVAd)	0-15	67	6	27	
	20-35	59	5	36		-	-	-	-		-	-	-	-	
	35-55	54	6	40		40-120	70	5	25		-	-	-	-	
	55-95	49	4	47		120-180	62	5	27		-	-	-	-	
	95-165	50	4	46		-	-	-	-		115-110	62	6	32	
	165-220	47	4	49		-	-	-	-		110-180	60	7	33	
(LAd)	0-20	73	6	21	(LVAd)	0-20	73	8	19	(FTd)	0-12	76	8	16	
	20-65	66	7	27		20-60	76	5	19		12-27	70	6	24	
	65-180	66	7	27		60-180	73	6	21		27-54	60	6	34	
	-	-	-	-		-	-	-	-		54-80	54	6	40	
	-	-	-	-		-	-	-	-		80-125	53	7	40	
(FFcd)	0-25	69	10	21	(GXbd)	0-12	77	6	17	(GXbd)	0-15	86	3	11	
	25-40	73	8	19		12-25	77	5	18		15-50	76	7	17	
	-	-	-	-		25-50	70	10	20		50-120	76	3	21	
	-	-	-	-		50-85	68	9	23		-	-	-	-	
	-	-	-	-		0-19	90	2	8		0-20	87	3	10	
(RQg)	15-30	95	1	4	(RQo)	19-43	86	4	10	(RQo)	20-50	87	3	10	
	30-42	97	1	2		43-102	84	2	14		50-110	82	4	14	
	42-80	96	2	2		102-145	86	2	12		110-180	85	3	12	
	-	-	-	-		145-200	86	2	12		-	-	-	-	
	-	-	-	-		0-15	86	3	11		-	-	-	-	
(RQo)	18-65	83	3	14	(RQo)	15-60	86	3	11	(OOm)	-	-	-	-	
	65-170	83	3	14		60-180	83	3	14		-	-	-	-	
	-	-	-	-		-	-	-	-		140-160	72	26	2	

Fonte: Adaptado Vasconcelos et al., (1999).

Os hífen indicam ausência do resultado da análise.

Simbologia adotada para as classes de solo conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SIBCS (EMBRAPA, 1999), LATOSSOLO VERMELHO Distrófico (LVd); LATOSSOLO VERMELHO Ácrico (LVw); LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico (LVAd); LATOSSOLO AMARELO Distrófico (LAd); NEOSSOLO QUARTZARÊNICOS Hidromórficos (RQg); NEOSSOLO QUARTZARÊNICOS Órticos (RQo); ORGANOSSOLOS FÓLICO Fíbricos (OOm); PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Distrófico (FTd); PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário (FFcd) e GLEISSOLOS HÁPLICOS Distrófico (GXbd).

A carta de declividades derivada do DEM foi elaborada em intervalos de classes que consideram valores que indicam a intensidade de susceptibilidade dos solos à erosão (ANEXO A2). A declividade é importante para quantificar as perdas de solo e determinar as taxas de erosão e é uma das principais variáveis que condicionam os processos erosivos. Deste modo, as informações contidas na carta de declividade são fundamentais no planejamento adequado das atividades agrícolas.

Na BHTAM 313,75 km² ou 92,40 % da área observam-se declives entre 0 a 6%, relevo plano a suave ondulado. Nestes locais o fluxo superficial das águas das chuvas contém menor energia e oferecem pouca restrição ao uso e ocupação, sendo mais adequados para culturas anuais com adoção de práticas simples de conservação (Tabela 4.5).

O predomínio de relevo do tipo plano a suave ondulado apresenta condições de suporte para agricultura com menor custo e também favorece o uso da mecanização (BERTOLDO et al. 2005), porém, a mecanização pode provocar alterações nos atributos dos solos, entre esses: textura, teor de matéria orgânica, estrutura e permeabilidade, tornando os solos mais predispostos à erosão (KOBAYAMA et al. 2001).

As áreas de relevo ondulado também podem ser manejadas com uso de máquinas agrícolas, apresentam declives entre 6 a 12%, ocupando 24,20 km², correspondente a 7,13% da superfície da bacia. Considerando apenas a declividade, são locais ideais para o plantio de culturas anuais, desde que com a utilização de práticas conservacionistas.

Áreas com declives entre 12 e 20% ocupam apenas 1,53 km² ou 0,45% da BHTAM. São locais de relevo forte ondulado e o uso mais indicado é para o cultivo de espécies que proporcionam boa proteção ao solo e práticas intensivas de controle a erosão (Tabela 4.5). As áreas com declividades acima de 20%, apresentam relevos montanhosos a escarpado, ocupam menos de 0,08km² ou 0,02%, servindo para áreas de preservação permanentes ou de reserva legal.

No planejamento das atividades agrícolas, a erodibilidade é muitas vezes considerada a variável mais importante. O risco potencial dos solos à erosão está representado na Carta de Erodibilidade que foi obtida por meio de reclassificação que reagrupou os solos com características de erodibilidade semelhantes em uma mesma classe (Figura 4.2).

Tabela 4.5 - Área ocupada em quilômetro quadrado (km²) e porcentagem (%) de participação por classe nas cartas de declividade, erodibilidade, suscetibilidade preliminar, erosividade, comprimento de rampas, suscetibilidade a erosão laminar, classes de uso e potencial a erosão laminar na BHTAM.

	Classes	Área (km ²)	Área (%)
Declividade (%)	> 20%	0,08	0,02
	12 a 20%	1,53	0,45
	6 a 12%	24,20	7,13
	< 6%	313,75	92,40
	Total	339,56	100,00
Erodibilidade	Muito Forte	118,57	34,92
	Moderada	12,36	3,64
	Fraca	208,29	61,34
	Muito Fraca	0,34	0,10
	Total	339,56	100,00
Suscetibilidade preliminar	Extremamente Suscetível	0,77	0,23
	Muito Suscetível	117,87	34,71
	Moderadamente Suscetível	4,31	1,27
	Pouco Suscetível	12,43	3,66
	Pouco a Não Suscetível	204,18	60,13
	Total	339,56	100,00
Erosividade (MJ.mm.ha ⁻¹ .h ⁻¹ .ano ⁻¹)	Forte	268,60	79,10
	Média a Forte	70,96	20,90
	Total	339,56	100,00
Comprimento de rampa (m)	> 1000m	191,86	56,50
	500 a 1000m	44,84	13,21
	200 a 500m	62,24	18,33
	< 200m	40,62	11,96
	Total	339,56	100,00
Classe de Suscetibilidade a erosão Laminar	Extremamente suscetível	51,97	15,30
	Muito suscetível	47,16	13,89
	Moderadamente suscetível	162,25	47,78
	Pouco suscetível	58,78	17,31
	Pouco a não suscetível	19,40	5,72
	Total	339,56	100,00
Classe de Uso	Classe I	74,79	22,02
	Classe II	149,43	44,01
	Classe III	90,73	26,72
	Classe IV	24,61	7,25
	Total	339,56	100,00
Potencial à erosão Laminar	Alto	52,71	15,52
	Médio	133,85	39,42
	Baixo	153,00	45,06
	Total	339,56	100,00

Na Bacia Hidrográfica do Tenente Amaral, as classes de erodibilidade Muito Forte, Moderada e Fraca apresentam percentuais de ocorrência de 34,92%, 3,64% e 61,34%, respectivamente (Tabela 4.5). A classe Muito Fraca, com menos de 1%, ocorre apenas próximo das nascentes do Córrego Amaral e está associada aos ORGANOSSOLOS e GLEISSOLOS, que nas condições do local, não apresentam limitações relevantes quanto à suscetibilidade à erosão.

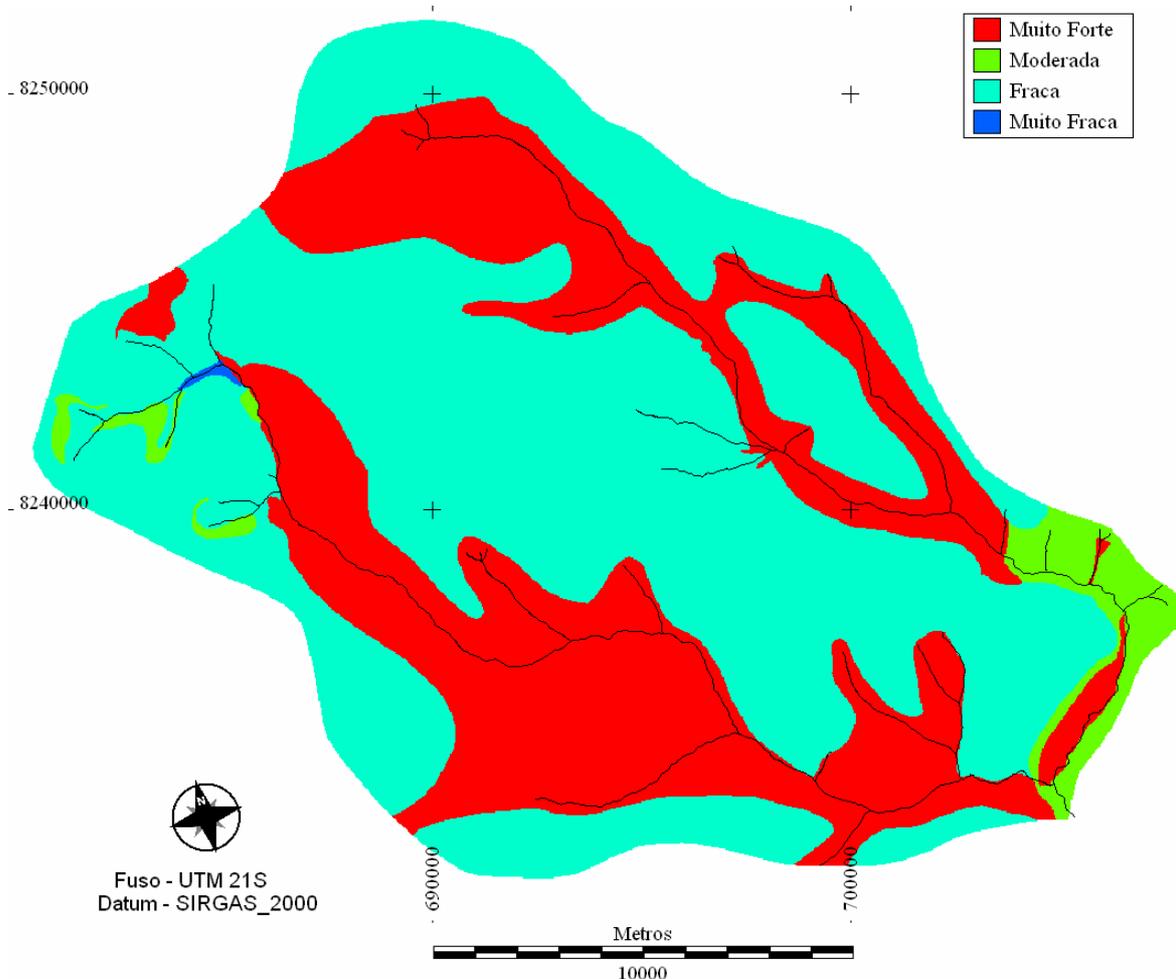


Figura 4.2 - Carta de classes de erodibilidade relativa dos solos da BHTAM.

Não foi verificada a ocorrência de solos enquadrados na classe de erodibilidade Forte. A classe Fraca ocupa 208,29 km² e aparece associada aos LATOSSOLOS de textura argilosa a muito argilosa. Já a classe Moderada, com 12,36 km² da área, está associada aos LATOSSOLOS de textura média a argilosa, considerados como solos de reduzida suscetibilidade à erosão (Tabela 4.5).

Na classe Moderada encontram-se também os PLINTOSSOLOS que, segundo Guerra e Botelho (2003), apresentam algumas limitações de uso por serem suscetíveis à erosão. A classe Muito Forte ocupa 118,57 km², está associada as Areias Quartzosas (NEOSSOLOS QUARTZARENICOS) e estão situadas numa ampla faixa que acompanha os drenos principais da

bacia. Venturim e Bahia (1998) relatam que estes solos apresentam boa permeabilidade, porém não têm coesão entre as partículas, que os tornam de grande suscetibilidade à erosão (Tabela 4.5).

As áreas cujos solos apresentam maior erodibilidade localizam-se nas proximidades das cabeceiras dos drenos principais da bacia, estes solos foram classificados como NEOSSOLOS QUARTZARENICOS, as ilustrações da Figura 4.3 mostram uma área com ocorrência de solo arenoso degradada por voçoroca, em recuperação por meio de represamento da água e plantio de espécies nativas e eucalipto.

O cruzamento da ‘carta de erodibilidade’ com a ‘carta de declividade’ resultou na ‘carta preliminar de suscetibilidade à erosão laminar’. Esta última permite avaliar de modo preliminar e qualitativo a suscetibilidade dos solos à erosão laminar, pois, reflete as características naturais dos solos da bacia aos processos erosivos (Figura 4.4).

De acordo com a Tabela 4.5, há um ligeiro predomínio das classes de suscetibilidade à erosão Pouco Suscetível e Pouco a Não suscetível. São áreas que não apresentam problemas especiais de conservação, podendo ser exploradas com diversos tipos de culturas agrícolas. Estão distribuídas por aproximadamente 3,66% ou 12,43 km² da bacia sobre terrenos que apresentam declives inferiores a 6% e em LATOSSOLOS que, em geral, apresentam reduzida suscetibilidade à erosão.

As áreas classificadas como Muito Suscetível ocupam 117,87 km² ou 34,71%. Ocorrem principalmente em terrenos cobertos por NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS e são mais indicadas para silvicultura (Tabela 4.5). Este resultado está de acordo com as conclusões de Guerra e Botelho (2003) que descrevem as Areias Quartzosas como solos que oferecem grandes riscos de erosão principalmente se estiverem desprovidos de cobertura vegetal.

Na Tabela 4.5 visualiza-se que as classes de Extrema e Moderada suscetibilidade limitam-se, respectivamente, a 0,77 km² e 4,31 km². A ocorrência dessas classes associa-se aos declives acima de 20%, no caso da classe de Extrema Suscetibilidade, portanto são mais indicadas para áreas de preservação. Entre 12 a 20% de declividade, no caso da classe de Moderada Suscetibilidade, verifica-se que são áreas mais apropriadas para pastagens e cultivos perenes.



Figura 4.3 – Área de solo arenoso degradada por voçoroca em recuperação. (Fotos do autor e Reinaldo Lorandi).

Após levantamentos de campo para verificar e corrigir inconsistências na ‘carta de preliminar de suscetibilidade à erosão laminar’, procedeu-se à confecção da ‘carta final de suscetibilidade à erosão laminar’. Esta foi realizada pela sobreposição da ‘carta preliminar com as cartas de erosividade’ e depois com a ‘carta de comprimento de rampas’. A sobreposição permitiu avaliar a influência da erosividade e do comprimento de rampas sobre a suscetibilidade dos solos aos processos erosivos.

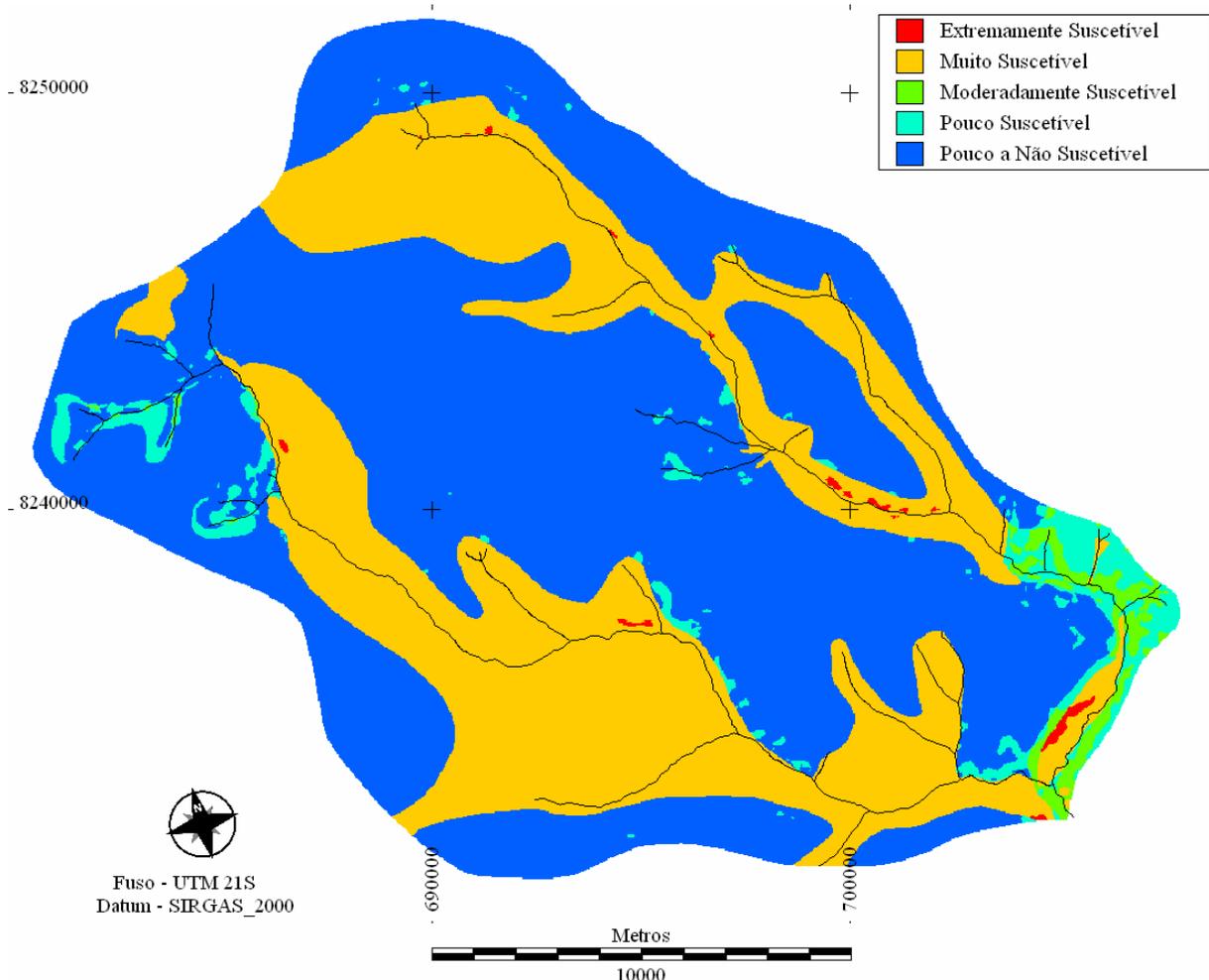


Figura 4.4 - Carta preliminar de suscetibilidade à erosão laminar da bacia hidrográfica do rio Tenente Amaral.

Em relação ao comprimento das encostas verifica-se o predomínio de rampas com medidas superiores a 1000 metros distribuídas de forma homogênea pela bacia, exceto na extremidade leste, onde o relevo é mais dissecado em relação à distância entre os canais de drenagem (ANEXO A4).

Conforme a Tabela 4.5, as rampas maiores distribuem-se por 191,86 km² ou 56,50 % da BHTAM. Aquelas com medidas inferiores a 200 m ocupam apenas 40,62 km² ou 11,96 %. As rampas de 200 a 500 m ocupam 62,24 km² ou 18,33% e, aquelas de 500 a 1000m ocupam 44,84 km² ou 13,21% da área.

Os resultados mostram o risco que esse fator (comprimento de rampas) oferece e demonstram que tais medidas/proporções não devem ser negligenciadas no planejamento das atividades agrícolas. Valente et al. (2001) e Bertoni e Lombardi Neto (2005) citam que rampas muito longas exercem forte influência sobre a erosão laminar dos solos, atribuindo tal fato ao volume e ao aumento na velocidade do escoamento superficial das águas em áreas que apresentam essa condição.

No interior da bacia a variabilidade espacial da erosividade leva a ocorrência de apenas duas classes. O poder erosivo das chuvas é classificado em Médio a Forte e Forte (ANEXO A5). Morais et al. (1991) em duas localidades, distantes da área do presente estudo por aproximadamente 300 km, constataram erosividade forte. Porém, a Tabela 4.5 verifica-se que a classe Forte abrange cerca de 268,60 km², enquanto, a classe Média Forte distribui-se por apenas 70,96 km², em valores percentuais ocupam respectivamente 79,10 % e 20,90 %.

Após o relacionamento, por meio de superposição ou cruzamento matricial da ‘carta preliminar’ com as ‘cartas de erosividade’ e a ‘carta de comprimento de rampas’ obteve-se a ‘carta final de suscetibilidade a erosão laminar’. A carta obtida apresenta subsídios para indicar medidas preventivas para reduzir os impactos causados pela ocupação antrópica. Na ‘carta final de suscetibilidade à erosão’ destaca-se a ocorrência da classe de suscetibilidade Pouco a Não Suscetível em locais de declividade e erodibilidade menos acentuadas (Figura 4.5).

A classe de menor suscetibilidade à erosão ocupa 19,40 km² ou 5,72%. São áreas que podem ser exploradas com qualquer cultura (Tabela 4.5). A classe Pouco Suscetível ocorre em 58,78 km² ou 17,31% e essas áreas podem ser exploradas com pastagens, culturas perenes e eventualmente com cultivos anuais, desde que, usando práticas de controle de erosão (SALOMÃO, 1999).

As áreas de solos mais suscetíveis à erosão, juntas, ocupam 29,19% em 99,13 km² e, no momento são exploradas com pastagens, cultivos de soja e cana. Essas áreas apresentam solos com teores de areia relativamente altos e conforme indicado por Salomão (1999), são mais apropriados para preservação ou reflorestamento no caso dos locais de extrema suscetibilidade e exclusivamente para reflorestamento e pastagens, com ressalvas, no caso dos locais muito suscetíveis a erosão. Bastos et al. (2003), em estudos realizados na bacia hidrográfica do Rio Tubarão em Santa Catarina, condicionam a existência das classes de Alta Suscetibilidade há ocorrência de solos arenosos no local.

Conforme os dados da Tabela 4.5, as áreas de moderada suscetibilidade à erosão predominam no local e ocupam 47,78% da BHTAM e estão concentradas na parte sudoeste sobre solos argilosos a muito argiloso numa área equivalente a 162,25 km² e são mais indicadas para pastagens e culturas perenes, porém, verifica-se que o uso é intensivo com cultivo de soja e cana.

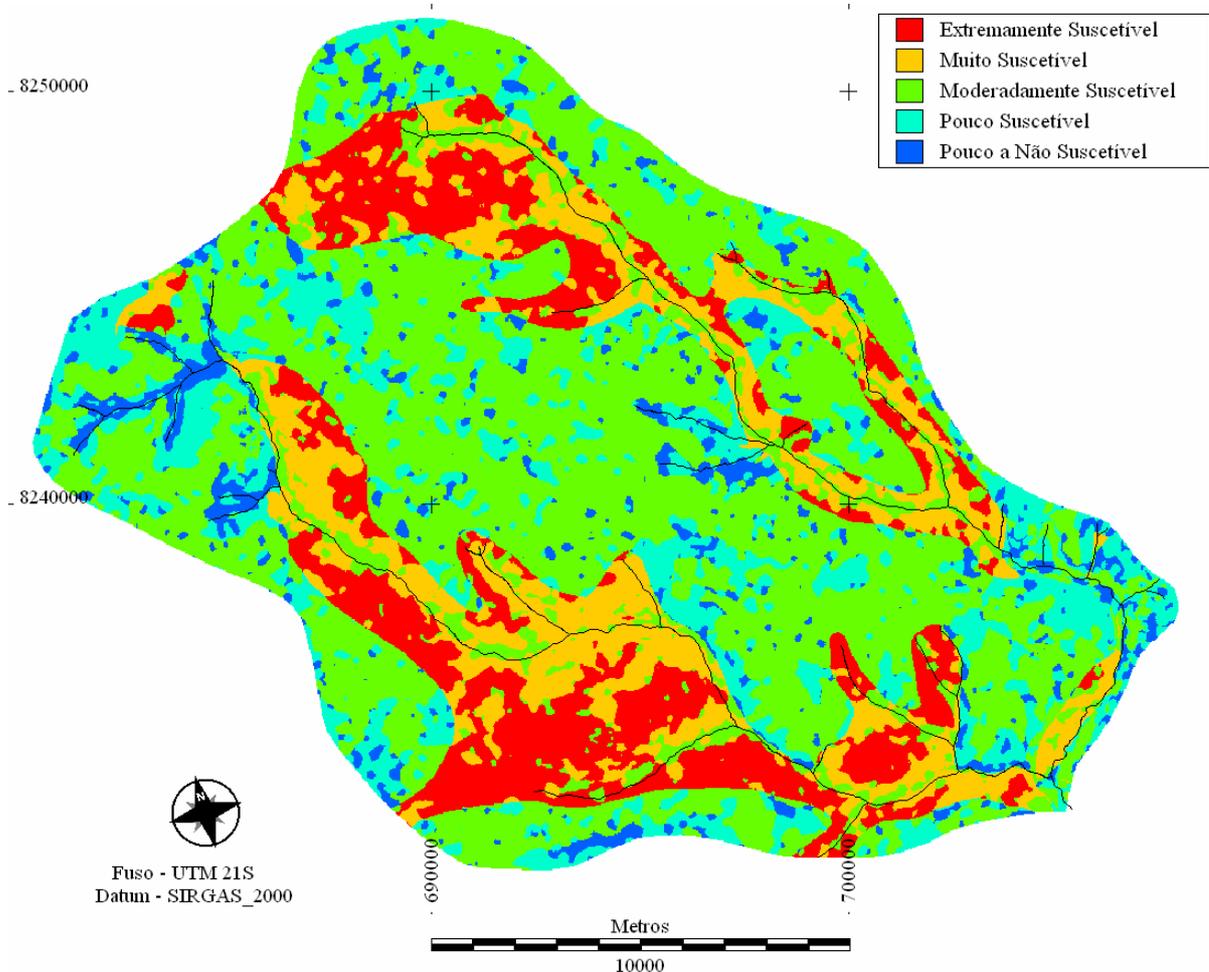


Figura 4.5 – Carta final de suscetibilidade a erosão laminar da BHTAM.

Na ‘carta de classes de uso e ocupação das terras’ observa-se o predomínio de culturas de baixo e médio porte as quais exigem intensa a moderada atividade antrópica e propiciam menor proteção contra a erosão (Figura 4.6). São cultivos pertencentes à classe de uso I e II (soja, algodão, cana, pastagens e cultivos perenes) e, juntas, ocupam mais de 66,03% da área, distribuindo-se por 224,22 km² (Tabela 4.5). Nessas áreas também foi verificado que em determinados períodos do ano os solos ficam expostos aos agentes erosivos, facilitando o transporte dos sedimentos até os cursos d’água.

No local, as coberturas vegetais que propiciam maior proteção são pertencentes a classe III (pasto sujo e campo cerrado). Estas representam formas de ocupação de reduzida atividade antrópica, ocupam 26,72% das terras, o equivalente a 90,73 km² (Tabela 4.5) As

coberturas vegetais da classe de uso IV (reflorestamento, capoeirão e florestas) apresentam menor ocorrência, 7,25% e ocupam 24,61 km². Não foi computada as áreas pertencentes à classe V, caso de várzeas e espelhos d'água de potencial erosivo considerado nulo.

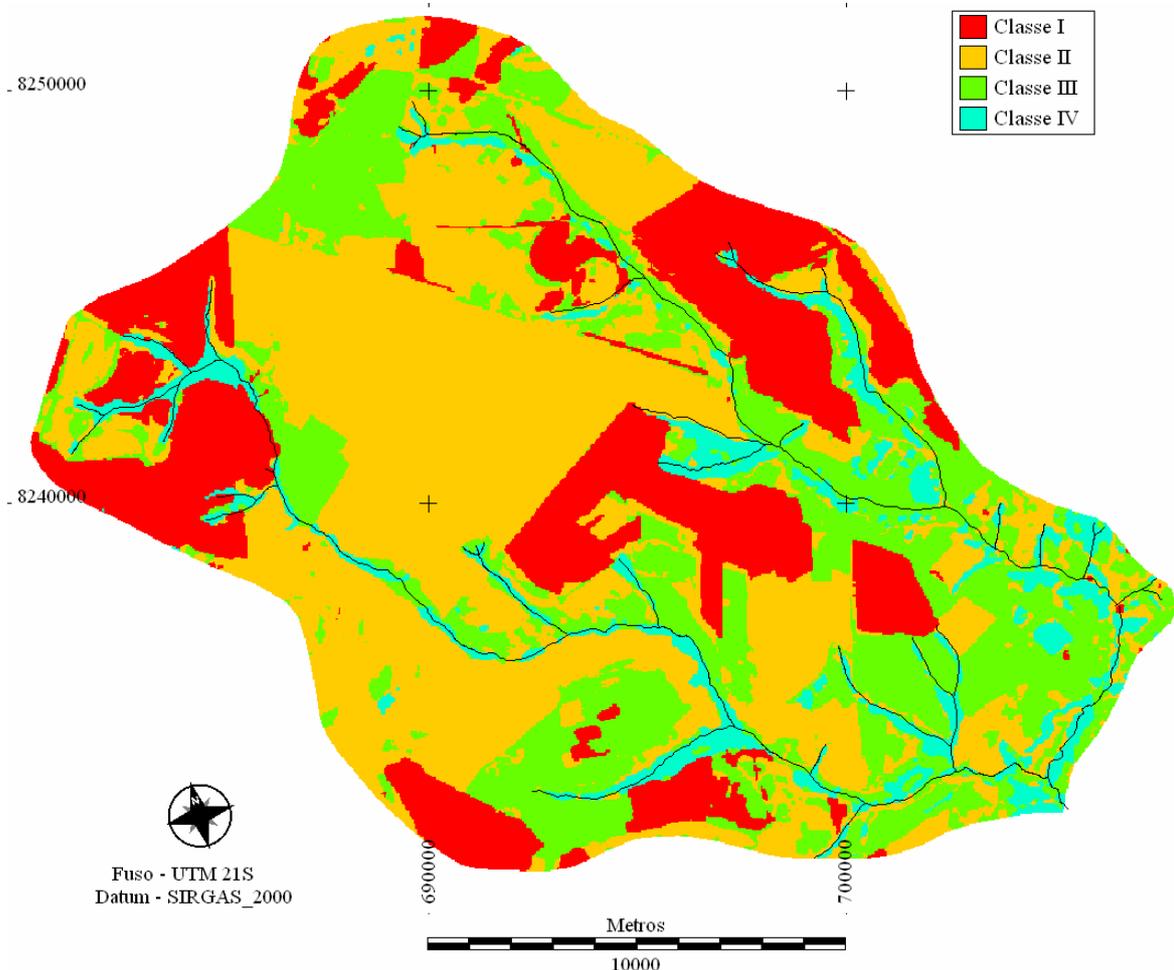


Figura 4.6 - Carta de classes de uso e ocupação do solo.

A 'carta de potencial à erosão laminar' reflete a influência das atividades antrópicas e mostra a compatibilidade e incompatibilidade das formas de uso do solo com a suscetibilidade dos solos à erosão. Esta carta foi obtida pela superposição ou cruzamento matricial entre a 'carta de suscetibilidade à erosão laminar' e a 'carta de classes de uso e ocupação atual das terras'. Sua análise possibilita planejar adequadamente as atividades, considerando as limitações do solo, evitando assim a erosão (Figura 4.7).

As informações contidas nessa carta permitem afirmar a existência de áreas de Alto Potencial à erosão no local, situação que indica uso incompatível com a suscetibilidade dos solos à erosão. Porém, também verifica-se que estas áreas ocorrem em menor proporção que as demais.

Predomina na Bacia áreas com Baixo Potencial à erosão laminar, coincidindo em parte, pelo mesmo motivo, com os resultados verificados por Lorandi et al. (2001) em estudos realizados na Bacia do Monjolinho em São Carlos, SP, que creditaram tal constatação ao grande espaço ocupado por pastagens, as quais garantem a manutenção da cobertura vegetal e impedem a ação erosiva do escoamento das águas.

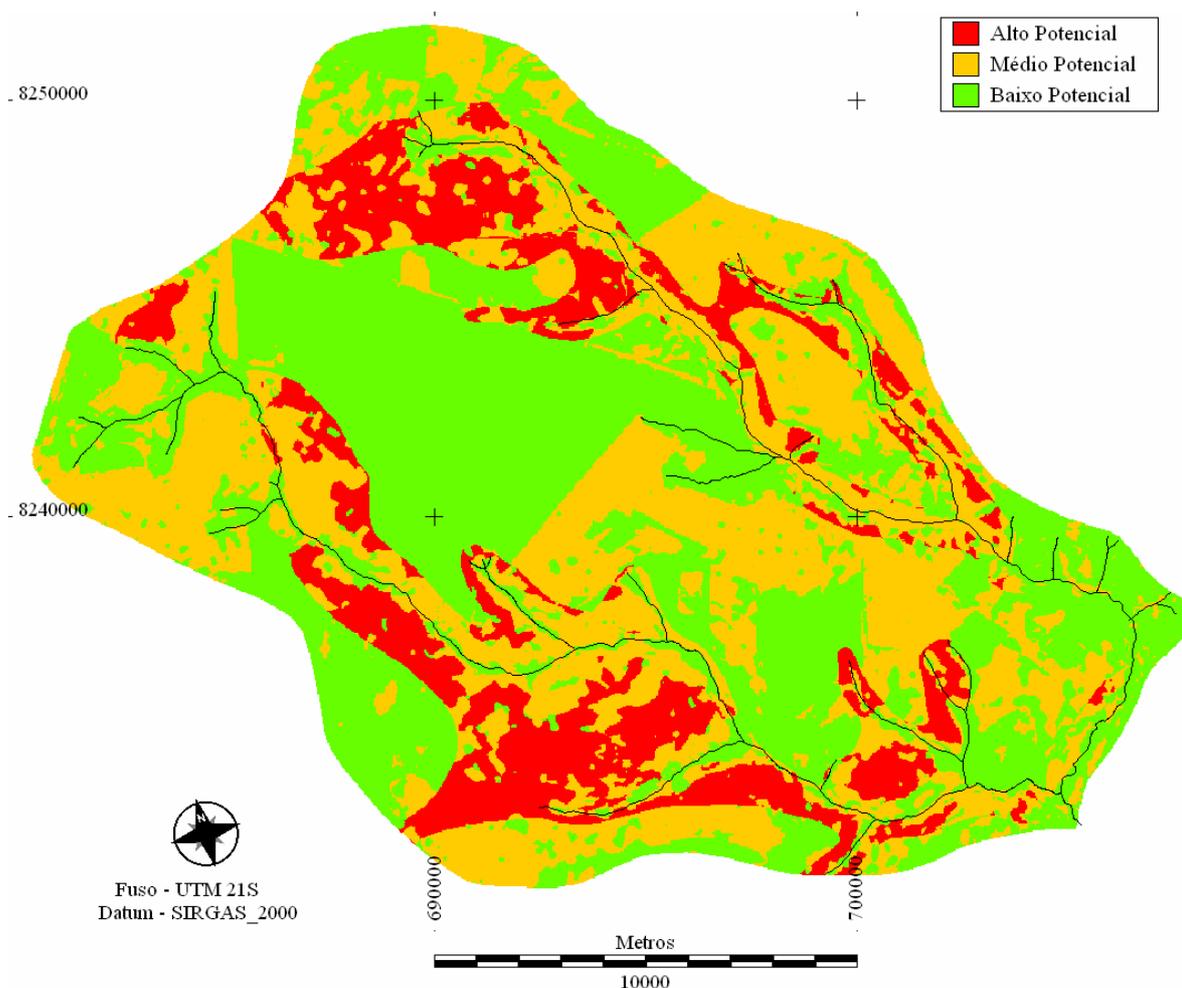


Figura 4.7 - Carta de potencial à erosão laminar da Bacia Hidrográfica do Rio Tenente Amaral.

Na Tabela 4.5 é possível verificar que aproximadamente 15,52% da área da BHTAM são áreas onde o uso do solo é incompatível com suas aptidões e apresentam Alto Potencial à erosão. 39,42% são áreas de Médio Potencial onde o uso é incompatível, porém, controlável desde que com a utilização de práticas agrícolas de caráter mecânico, edáfico ou vegetativa e, entre essas práticas, observa-se no local a adoção do sistema de plantio direto e plantio em nível (Tabela 4.5). O resultado obtido na ‘carta de potencial à erosão’ descrito acima confirma o resultado verificado na ‘carta de suscetibilidade à erosão’. Bastos et al. (2003) atribuem a existência das áreas de alto potencial em decorrência da existência de terrenos que apresentam alta suscetibilidade à erosão laminar.

Conforme consta na Tabela 4.5, as áreas de Baixo Potencial, onde o uso do solo é compatível com a suscetibilidade à erosão, ocupam 45,06%. As áreas de Baixo, Médio e Alto Potencial ocupam, respectivamente, 153,00 km², 133,85 km² e 52,71 km² do total da Bacia.

4.4 – CONCLUSÕES

A metodologia utilizada neste trabalho pode ser executada no SIG IDRISI[®] e possibilita caracterizar, determinar, diagnosticar e mapear a suscetibilidade e o potencial à erosão laminar na BHTAM.

As informações contidas nas cartas produzidas no presente estudo, complementam e auxiliam no planejamento físico e conservacionista do solo desta região assim como são úteis na determinação de ações que visem à mitigação dos impactos ambientais na BHTAM.

Aproximadamente 23% dos solos da BHTAM são considerados não suscetíveis e de pouca suscetibilidade à erosão, 47% apresentam moderada suscetibilidade a erosão e 30% são suscetíveis à erosão; neste último caso é necessária a adoção de manejos que oferecem máxima proteção aos solos.

A classe Baixo Potencial à erosão ocupa 45,06% da área total da bacia, indicando que estas áreas apresentam uso compatível em relação à suscetibilidade à erosão.

As classes Alto e Médio Potencial à erosão laminar, juntas, ocupam 54,94 % da BHTAM. Este resultado indica a existência no local de terrenos com incompatibilidade nas formas de uso do solo com a sua suscetibilidade à erosão e a continuidade dessa condição pode comprometer a sustentabilidade ambiental desses locais.

A retirada da cobertura vegetal em parte da BHTAM expõem os solos aos agentes erosivos facilitando o surgimento de processos erosivos e o transporte de sedimentos até os leitos dos cursos d'água. Este quadro de degradação do solo e da água verificados na BHTAM poderá se agravar enquanto a ocupação agrícola não respeitar a capacidade de uso das terras, não for adotado práticas conservacionistas e não priorizar ações preventivas e corretivas.

4.5 - REFERÊNCIAS

BASTOS, C. A. B.; BORTOLI; C. R.; JUNGBLUT; M.; ANTUNES; R. B. e MIRANDA JUNIOR; G.X.de; Avaliação da susceptibilidade e do potencial à erosão laminar dos solos da bacia hidrográfica do rio Tubarão e complexo lagunar (sc). **Teoria e Prática na Engenharia Civil**; n.3, p.43-51, 2003. Disponível em: <<http://www.mikrus.com.br/revistatpec>> Acesso em 23/10/2005.

BERTOLDO; M. A. VIEIRA; T. G. C. ALVES; H. M.R.; SOUZA; V. C. I. de; SANTOS; N. B. dos. Uso de imagens CBERS para avaliação de áreas cafeeiras no município de Campo do Meio, Minas Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia. **Anais**. Goiânia: INPE, 2005 p.3595-3602.

BERTONI J. e LOMBARDI NETO F. **Conservação do solo**. 5ª ed., São Paulo: Editora Ícone, 2005. 358p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (Brasília, DF). **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (Pantanal) - PCBAP**: análise integrada e prognóstico da Bacia do Alto Paraguai. Brasília, 1997. v.3. 369 p., anexos. Programa Nacional do Meio Ambiente. Projeto Pantanal.

CAMARGO, M,N.; KLAMT, E. & KAUFFMAN. J.H. Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil, **Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas. 12 (1): 11-33. 1987.

CAMPOS; S. P. de, CARDOSO; L.G. e CATÂNEO; A. Obtenção de modelo digital de elevação utilizando o SURFER-5.0 com dados importados do SIG IDRISI-14.1. **Energia na Agricultura**, V.12, n.3, p. 26-32, 1997.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solo (Rio de Janeiro, RJ). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, 1999, 412p.

FONSECA NETO; L.; SALOMÃO; F.X. DE T.; CASTRO JÚNIOR P. R. de; Conflitos de uso e controle erosivo em área representativa da produção agrícola intensiva no planalto dos guimarães, mt, *Revista Agricultura Tropical*, v.8, p. 76-99, <Disponível em <http://www.ufmt.br/agtrop/revista8/doc/06.doc>>, Acesso em dezembro de 2006.

GUERRA, A. J. T.; & BOTELLO, R. G. M.; Erosão dos Solos In: CUNHA, S.B.da; e GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil; 2003. p. 181 - 228.

KOBIYAMA; M. MINELLA; J. P. G. FABRIS; R. Áreas degradadas e sua recuperação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 210, p. 10-17, 2001.

LORANDI, R. ; TAKEMOTO, F. ; SALVADOR, N. N. B. ; TOREZAN, F. E. . Carta de potencial à erosão laminar da parte superior da bacia do Rio do Monjolinho (São Carlos, SP). **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro-RJ, v. 53, n. 1, p. 111-117, 2001.

LORANDI, R.; CANÇADO, C. J. . Parâmetros físicos para gerenciamento de bacias hidrográficas.. In: Alexandre Schiavetti; Antonio F.M. Camargo. (Org.). **Conceito de Bacias Hidrográficas: teorias e aplicações**.. 2 ed. Ilhéus: Editus - Editora da Universidade Estadual de Santa Cruz, 2002, v. 1, p. 37-65.

MACHADO; R. E. VETTORAZZI; C. A. Simulação da produção de sedimentos para a microbacia hidrográfica do Ribeirão dos Marins, SP, **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, v.27 n°4, p735-741, 2003.

MORAIS, L.F.B. de; SILVA, V. da; NASCHENVEN, T.M. da C.; HARDOIN, P. C. ; ALMEIDA, J.E.L. de; WEBER, O.L. dos S.; BOEL, E.; DURIGON, V. Índice EI₃₀ e sua relação com o coeficiente de chuva do sudoeste do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, p.339-344, 1991.

ROCHA, J.V.; LOMBARDINETO, F.; BACELLAR, A.A.A. Metodologia para determinação do fator comprimento de rampa (L) para a Equação Universal de Perdas de Solo. **Caderno de Informações Georreferenciadas (CIG)**, v. 1 n. 2, 1997. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/revista/cigv1n2n1.html>> Acesso em: 11 fev. 2006.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T., SILVA, A. S. & BOTELLO, R. G. M (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p.229-267.

SCHAFER, M.J; REICHERT J.M; CASSOL; E.A; Erosão em sulcos em diferentes preparos e estados de consolidação do solo, **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, v.25 n°2, p.419-430, 2001.

VALENTE, A.L.S., KOPPE, J.C., RISSO, A., BASTOS, C.A., STRIEDLER, A.J., DIAS, R.D.; Estimativa da suscetibilidade potencial à erosão laminar devido a fatores naturais: uma proposta

metológica e sua aplicação no município de Porto Alegre (RS), **Revista Teoria e Prática na Engenharia Civil**, nº. 2, p. 85-92, 2001. Disponível em <<http://www.mikrus.com.br/revistatpec>> Acesso em 23/10/2005.

VASCONCELOS, T.N.N.; Barros, L.T.L.P; Monteiro, J.R.B. **Estudo Integrado da Bacia do rio Tenente Amaral uma Proposta de Zoneamento Ambiental**. Governo do Estado de Mato Grosso, Fundação Estadual de Meio Ambiente – FEMA – PRODEAGRO – BIRD – Cuiabá-MT. 1999.

VASCONCELOS, T.N.N. **Interpretação morfológica da bacia do rio Tenente Amaral, Jaciara-MT: Condição básica para sua caracterização ambiental**. 1998.160p. Dissertação (Mestrado) - IB-UFMT. Cuiabá.

VENEZIANI, P.; SANTOS, AR; CREPANI, E.; ANJOS, C.E. dos; OKIDA, R Mapa de classes de erodibilidade de parte da Bacia do Rio Taquari baseado em imagens TM-Landsat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, número especial, p. 1747-1754, 1998.

VENTURIM; R.P.; BAHIA; V.G.; Considerações sobre os principais solos de Minas Gerais e sua susceptibilidade à erosão. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 191, p. 7-9, 2001.

CAPÍTULO 5 - ANÁLISE EMPÍRICA DA FRAGILIDADE AMBIENTAL APLICADA ÀS UNIDADES ECODINÂMICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TENENTE AMARAL EM JACIARA – MT – BRASIL

5.1 – INTRODUÇÃO

A trajetória humana ao longo dos anos de ocupação e exploração desordenada do território vem provocando o esgotamento dos recursos naturais e comprometendo a sustentabilidade do planeta. No modelo capitalista de produção, a busca pelo desenvolvimento econômico tem causado a depredação dos recursos naturais, comprometendo os ecossistemas e a conservação desses recursos. Torna-se então necessário promover o crescimento econômico compatibilizado com o desenvolvimento humano e com a conservação ambiental.

A posição assumida pela economia brasileira, ao longo dos anos, atuando como importadora de tecnologias e capitais e exportadora de produtos primários geraram inúmeros problemas sociais e ambientais. A interdependência econômica estabelecida entre os países a partir da consolidação do capitalismo teve como uma de suas conseqüências a acentuação das desigualdades existentes entre países pobres e ricos. Nos países subdesenvolvidos esta desigualdade estimulou a apropriação e a exploração cada vez mais acentuada e sem planejamento adequado dos recursos naturais, gerando ao longo dos anos cenários marcantes de degradação ambiental na paisagem brasileira.

Em Mato Grosso, os problemas ambientais vêm aumentando. As causas principais são a expansão das atividades econômicas que visam principalmente o atendimento do mercado externo, como, a pecuária e os cultivos da soja e do algodão. Essas atividades juntamente com o cultivo da cana para produção de açúcar e álcool, para o abastecimento do mercado interno, provocam a ocupação de grandes áreas causando impactos com graves conseqüências para o ambiente.

Nesse contexto aparece a bacia hidrográfica do Rio Tenente Amaral (BHTAM) em Jaciara-MT, escolhida para este estudo, pelo fato de possuir uma série de limitações entre as quais: alta suscetibilidade dos solos à erosão; elevada intensidade das chuvas e pela possibilidade

da adoção de técnicas de manejo de forma incorreta no local. Portanto, a BHTAM constitui-se numa amostra representativa dos fenômenos atuais que ocorrem nas diferentes áreas do Estado de Mato Grosso.

Tais observações da área levaram a considerar como extremamente necessário adotar estratégias que compatibilizem as potencialidades dos recursos naturais com as fragilidades apresentadas pelos sistemas ambientais para minimizar os impactos causados pela ação antrópica na bacia hidrográfica do rio Tenente Amaral.

Assim, conhecer as fragilidades e potencialidades apresentadas pelos diferentes ambientes, neste estudo desta área em particular, é de extrema importância ao planejamento Ambiental. Este último deve considerar as ações de conservação e recuperação ambiental, desenvolvimento tecnológico, econômico e social como atividades interdependentes.

Entende-se por fragilidade ambiental a suscetibilidade do meio ambiente a qualquer dano. Quanto mais frágil o ambiente, maior dificuldade este encontrará para se recompor e voltar às condições que apresentava anteriormente a uma suposta alteração antrópica ou a catástrofes naturais.

As intervenções cada dia mais intensas nos sistemas ambientais, visando o atendimento das necessidades de sobrevivência humana e de acumulação capitalista, podem ser mais devastadoras na medida em que o ambiente apresente maior grau de fragilidade e este é certamente dependente das características do meio físico no qual se origina o ambiente.

Segundo Ross (1994; 2001), as fragilidades e potencialidades dos ambientes naturais devem ser avaliadas quando se pretende aplicá-las ao planejamento ambiental e, para isso, ele desenvolveu uma metodologia denominada de análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais, baseando-se nos conceitos de unidades ecodinâmicas estáveis e instáveis propostos por Tricart (1977).

Para a concretização desta metodologia, Ross (1994; 2001) definiu primeiramente as unidades ecodinâmicas estáveis ou de instabilidade potencial como aquelas áreas poupadas pela ação humana, portanto, mantidas ou próximas do seu estado natural, ou seja, em equilíbrio dinâmico, porém há uma instabilidade potencial contida nelas frente à possibilidade da intervenção humana. Em segundo lugar definiu as unidades ecodinâmicas instáveis ou de instabilidade emergente como aquelas áreas intensamente modificadas pela ação antrópica.

Desta forma, Ross (1994; 2001) atribuiu critérios para identificar as características do meio físico dentro das unidades ecodinâmicas estáveis e instáveis em diferentes graus de fragilidade: muito fraca; fraca; média; forte e muito forte.

Os componentes necessários para a análise empírica da fragilidade são as informações técnicas e cartográficas sobre o relevo, o solo, o clima e o uso da terra bem como da cobertura vegetal natural. A carta de fragilidade ambiental é um produto da integração, principalmente, das cartas clinográfica (para escalas grandes) de dissecação do relevo (para escalas médias e pequenas), de solos, informações pluviométricas e do grau de proteção que o solo recebe em função do uso da terra e da cobertura vegetal natural entre outros.

O presente estudo tem como objetivo determinar cartografar e analisar a fragilidade ambiental nas unidades ecodinâmicas de instabilidade emergente e potencial da bacia hidrográfica do rio Tenente Amaral em Jaciara Mato Grosso - Brasil - com a aplicação da metodologia denominada análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais utilizando o Sistema de Informações Geográficas Idrisi® e informações de relevo, solos, uso atual, vegetação e erosividade das chuvas.

5.2 – METODOLOGIA

A metodologia para a análise da fragilidade ambiental na BHTAM é aquela proposta por Ross (1992; 1994; 2001; 2004), sendo que para a sua aplicação são necessários estudos básicos obtidos por meio de levantamentos de campo, do relevo, do sub-solo, do solo, do uso da terra e do clima a partir dos quais geram-se produtos cartográficos e relatórios técnicos referentes a esses temas.

Para cada tema é necessário gerar uma carta dos atributos do meio físico e correlacioná-los com as classes de fragilidade ambiental: Muito Fraca (1), Fraca (2), Média (3), Forte (4) e Muito Forte (5).

Os valores médios da amplitude interfluvial e do entalhamento médios dos vales fluviais usados para confecção da carta de dissecação do relevo, que constitui no primeiro produto cartográfico exigido pela metodologia, foram extraídos do Mapa Morfopedológico da

bacia do Rio Tenente Amaral, publicado em Vasconcelos (1998) e ou medidos nas imagens do satélite CBERS 2 e de radar, do projeto SRTM.

Também foram utilizadas, na determinação do grau de dissecação do relevo, as imagens de radar com indicação dos padrões para ordem de grandeza das formas de dissecação e, dos padrões para intensidade de aprofundamento da drenagem, conforme consta em Brasil (1982).

As medidas da amplitude interfluvial média e do entalhamento médio dos canais, possibilitaram determinar as classes de fragilidade do relevo da BHTAM em relação aos índices de dissecação do relevo publicados por Spörl (2001) e constam da Tabela 5.1.

O ‘mapa pedológico’ na escala 1:50.000, segundo produto cartográfico requerido pela metodologia, compilada de Vasconcelos et. al. (1999), foi convertida para o formato digital e cada unidade de solo foi correlacionada com a sua respectiva classe de fragilidade, abrangendo categorias desde muito fraca a muito forte, conforme agrupamento estabelecido por Ross (1994; 2001; 2004), em função da respectiva erodibilidade dos solos frente a ação do escoamento das águas pluviais (Tabela 5.2).

Tabela 5.1 – Matriz dos índices de dissecação do relevo.

DIMENSÃO INTERFLUVIAL MÉDIA					
ENTALHAMENTO MÉDIO DOS VALES	MUITO GRANDE (1) > 900m	GRANDE (2) 750 A 900m	MÉDIA (3) 600 A 750m	PEQUENA (4) 450 A 600m	MUITO PEQUENA (5) 300 A 450m
Muito Fraco (1) (< de 40m)	11	12	13	14	15
Fraco (2) (40 a 80m)	21	22	23	24	25
Médio (3) (80 a 160m)	31	32	33	34	35
Forte (4) (160 a 240m)	41	42	43	44	45
Muito Forte (5) (> de 240m)	51	52	53	54	55

Fonte : Spörl (2001)

A ‘carta de vegetação, uso e ocupação das terras’ constitui-se no terceiro produto cartográfico, conforme estabelece a metodologia. Foi elaborada por intermédio de classificação supervisionada, usando classificador de probabilidade máxima (EASTMAN, 1998) a partir das imagens CBERS 2 órbita-ponto 165-118 de 12/02/2006 e 22/06/2006 compostas em R2G4B3 e de levantamentos de campo para identificar e reconhecer os alvos. A partir desta carta por meio de operações de reclassificação foi produzida a carta, contendo o grau de proteção dos solos, conforme a ordem de capacidade de proteção fornecida pela cobertura vegetal mostrados na Tabela 5.3, estas classes foram indicadas em Ross (1994; 2001; 2004).

Tabela 5.2 - Fragilidade das classes de solos.

Classes de Fragilidade	Tipos de solos
1 Muito Baixa	Latossolo roxo, Latossolo vermelho escuro e vermelho amarelo Textura argilosa. LATOSSOLOS VERMELHOS LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Textura argilosa
2 Baixa	Latossolo amarelo e vermelho amarelo textura média/argilosa. LATOSSOLOS VERMELHOS LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS textura média/argilosa
3 Média	Latossolo vermelho amarelo, Terra roxa, Terra bruna, Podzólico vermelho amarelo textura média argilosa e Plintossolos. LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS, ARGISSOLOS, NITOSSOLOS, ALISSOLOS textura média argilosa PLINTOSSOLOS*
4 Alta	Podzólico vermelho amarelo textura média arenosa, Cambissolos. LUVISSOLOS, ARGISSOLOS, NITOSSOLOS, CAMBISSOLOS
5 Muito Alta	Podzólicos com cascalho, Litólicos e Areias Quartzozas. ARGISSOLOS, LUVISSOLOS, ALISSOLOS, NEOSSOLOS LITÓLICOS, NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS

Fonte: ROSS, 1994, 2001 e 2004. (As unidades pedológicas descritas em letras maiúsculas referem-se a nomenclatura dada pela classificação da EMBRAPA (1999) e em letras minúsculas referem-se a Classificação de Camargo (1987).

* Classificação obtida em BRASIL (1997).

A ‘carta de vegetação, uso e ocupação das terras’ também foi reclassificada para gerar a ‘carta com a Unidade Ecodinâmica de Instabilidade Emergente’ (UEIE) que corresponde

às áreas com atividades antrópicas e a ‘carta com a Unidade Ecodinâmica de Instabilidade Potencial’ (UEIP) que corresponde às áreas aonde a cobertura vegetal natural foi mantida.

A partir dos dados médios mensais e média anual de precipitações pluviiais observados na BHTAM foi confeccionada a ‘carta de erosividade’, com a aplicação da equação (5.1) conforme indicado em Bertoni e Lombardi Neto (2005).

$$R = 67,355 (r/P^{0,85}) \quad (5.1)$$

Onde:

R = Erosividade da chuva;

r = Precipitação média mensal (mm);

P = Precipitação média anual (mm).

Tabela 5.3 - Grau de proteção dos tipos de cobertura vegetal.

Graus de Proteção	Tipos de Cobertura Vegetal
1 – Muito Baixo	Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplanagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.
2 – Baixo	Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta do reino, laranja) com solo exposto entre ruas, culturas de ciclo curto (arroz, trigo feijão, soja, milho, algodão) com cultivo em curvas de nível/terraceamento.
3 – Médio	Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/ terraceamento como café, laranja com forrageiras entre ruas, pastagem com baixo pisoteio, silvicultura de eucaliptos com sub-bosque de nativas.
4 – Alto	Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária, cerrado denso, capoeira densa). Mata homogênea de pinus densa, pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo como cacau.
5 – Muito Alto	Florestas/matias naturais, florestas cultivadas com biodiversidade de espécies.

Fonte: Ross (1994).

Após a conclusão das cartas de fragilidade do índice de dissecação do relevo, dos solos, do grau de proteção dado pelos tipos de cobertura vegetal e a de erosividade das chuvas, foi efetuado primeiramente, usando o comando CROSSTAB no SIG IDRISI[®], o cruzamento, entre as cartas de fragilidade do índice de dissecação relevo e a de fragilidade dos solos.

Posteriormente, realizou-se o cruzamento da carta resultante do primeiro cruzamento (dissecação do relevo x solos) com a ‘carta de erosividade’, resultando em uma nova

denominada de ‘Carta de Fragilidade Potencial’, e por último efetuou-se o cruzamento desta com a carta referente ao grau de proteção da cobertura vegetal e assim obteve-se a ‘Carta de Fragilidade Ambiental Emergente da BHTAM’. Após cada cruzamento entre duas cartas foi efetuada uma operação de reclassificação usando o comando RECLASS, estabelecendo assim, as classes de fragilidade em cada uma das cartas. O roteiro representado na Figura 5.1 mostra a seqüência dos cruzamentos para a obtenção das cartas de Fragilidade Ambiental Potencial e Emergente da BHTAM.

A reclassificação das cartas foi realizada tendo como base a classificação proposta por Ross (1994; 2004), na qual cada categoria de fragilidade é identificada por um valor numérico que varia de 1 a 5, sendo o valor 1 atribuído às categorias de ‘Fragilidade Muito Fraca’, o valor 2 para classe ‘Fragilidade Fraca’, o valor 3 para a classe de ‘Fragilidade Média’, o valor 4 para classe de ‘Fragilidade Forte’ e o valor 5 para classes de ‘Fragilidade Muito Forte’ de conformidade com a indicação na Tabela 5.4.

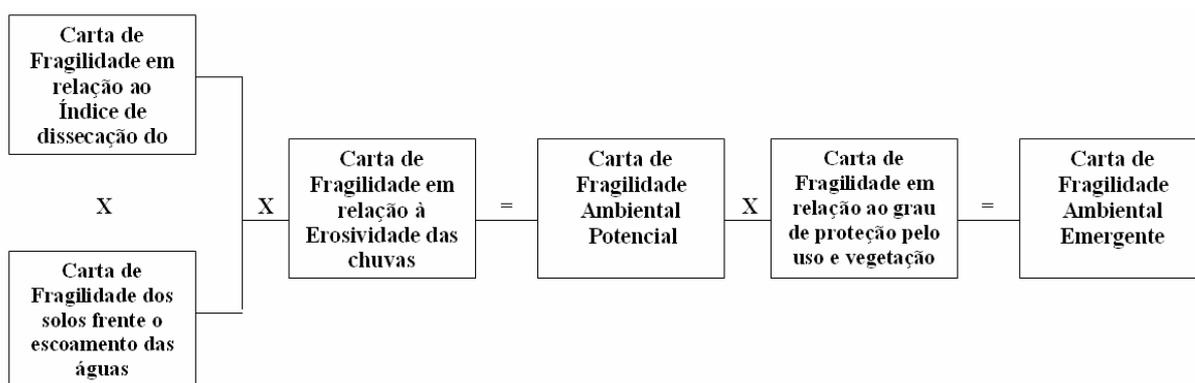


Figura 5.1 – Roteiro com as indicações dos cruzamentos para obtenção das cartas de Fragilidade Ambiental Potencial e Emergente.

Dessa forma, no cruzamento entre duas cartas: onde coincidem a associação entre classes ‘Muito Fraca’ (1x1) resulta na nova carta, uma área também classificada como ‘Muito Fraca’ (1); onde coincide classe de ‘Fragilidade Forte’ (4) com classe de fragilidade ‘Fraca’ (2) resulta num polígono classificado como ‘Forte’ e, da associação entre classes de fragilidade ‘Muito Forte’ (5x5) resulta na nova carta uma área reclassificada como ‘Muito Forte’ (5).

A partir das cartas de fragilidade ambiental potencial, fragilidade emergente e a carta com as unidades de instabilidade emergente e de instabilidade potencial, usando também os comandos CROSSTAB e RECLASS, foram geradas duas novas cartas, a primeira, identificando as classes de fragilidade ambiental dentro da Unidade Ecodinâmica de Instabilidade Emergente

(UEIE) e a segunda, identificando as classes de fragilidade dentro da Unidade Ecodinâmica de Instabilidade Potencial (UEIP).

Tabela 5.4 – Matriz de decisão para definição das classes de fragilidade ambiental.

Classes de fragilidade	Relacionamento entre as cartas
Muito Fraca (1)	1x1
Fraca (2)	2x1, 2x2, 1x2
Média (3)	3x1, 3x2, 3x3, 2x3, 1x3
Forte (4)	4x1, 4x2, 4x3, 4x4, 3x4, 2x4, 1x4
Muito Forte (5)	5x1, 5x2, 5x3, 5x4, 5x5, 4x5, 3x5, 2x5, 1x5

Fonte: Ross, 1994 e 2004.

Todas as cartas foram produzidas no formato raster IDRISI[®]. A mensuração dos valores de cada atributo mapeado, tais como área, distâncias, média, valores mínimos e máximos, amplitudes, etc., também foram efetuadas em operações específicas com este *software*.

5.3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a consecução do presente estudo em função da escala adotada, a fragilidade ambiental foi determinada tendo como referência a ‘carta de classes de fragilidade para o índice de dissecação do relevo’ cujos valores são reflexos da densidade de drenagem, do grau de entalhe dos vales e da dimensão interfluvial média. Para escalas maiores que 1: 50.000 a opção seria por meio da carta de declividades.

Na ‘carta de fragilidade do índice de dissecação do relevo’ apurou-se a ocorrência de duas classes de fragilidade: Muito Fraca e Fraca (Figura 5.2).

Nas áreas onde a fragilidade em relação ao índice de dissecação do relevo é Fraca, as altitudes são entre 545m a 857m, nesses locais as vertentes são longas; o entalhamento médio

dos vales é entre 40m a 80m; a dimensão interfluvial média é ampla, acima de 4.000 m e a declividade média é de 3,5 %.

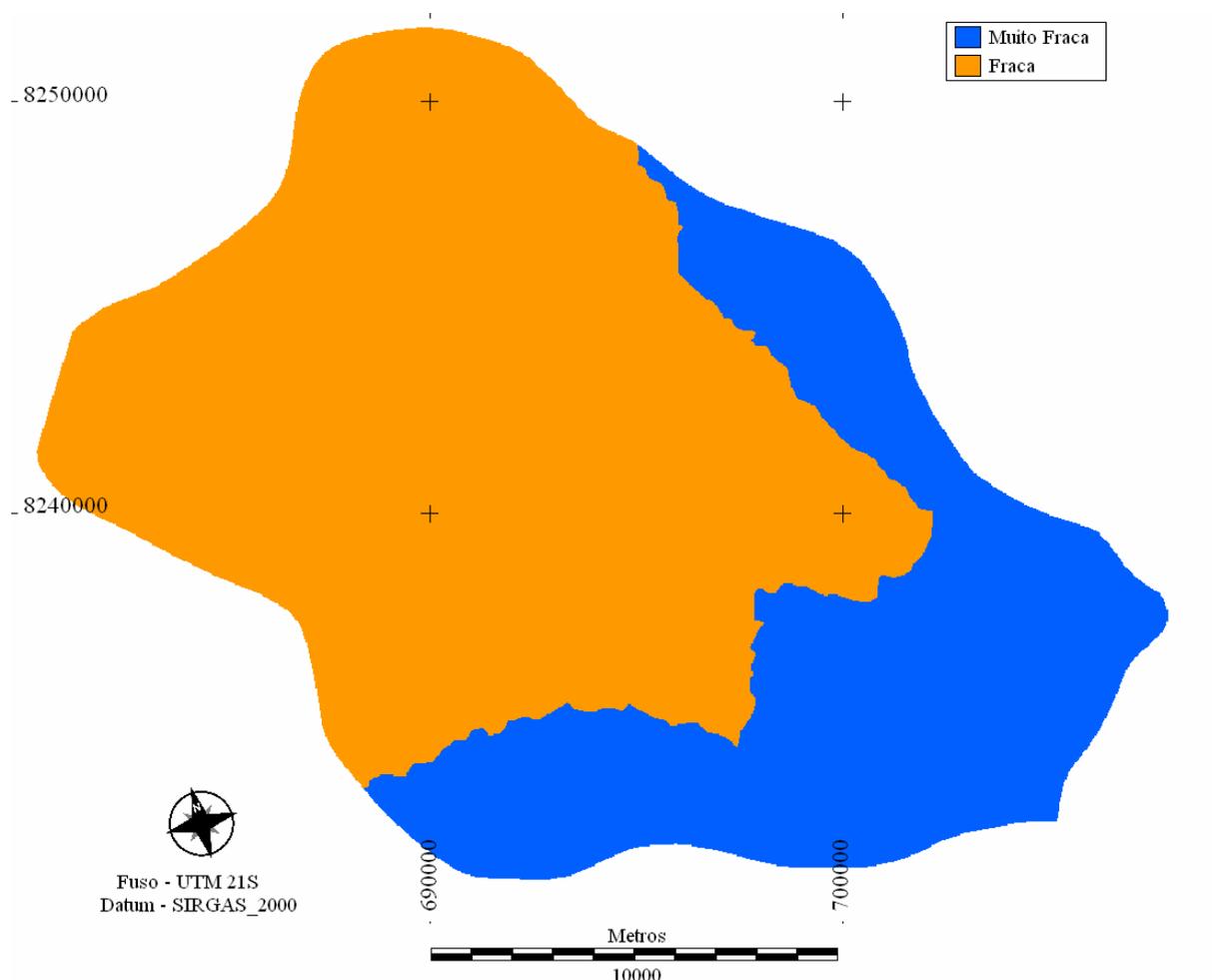


Figura 5.2 - Carta de Fragilidade Ambiental em relação ao índice de dissecação do relevo na BHTAM.

Valores altos na dimensão interfluvial significam um relevo pouco dissecado onde os solos são mais resistentes aos processos erosivos, entretanto os valores médios de aprofundamento dos canais fluviais conferem a esses locais níveis de fragilidade Fraca. De acordo com a metodologia adotada em locais onde coincide classe de fragilidade Muito Fraca (1) para um atributo com classe Fraca (2) para outro atributo a área recebe a classificação Fraca (2).

As constatações descritas anteriormente indicam a predominância de superfícies ligeiramente planas nesses locais, portanto, presume-se que estas sejam mais estáveis aos processos de perdas de solos. Entretanto, verifica-se a existência de rampas muito longas e atividade antrópica intensa inclusive com mecanização agrícola.

No caso da extremidade nordeste, leste e sul da bacia, na Figura 5.2, a fragilidade em relação ao índice de dissecação foi classificada como Muito Fraca, os interflúvios nesses

locais apresentam dimensões médias que variam entre 1000m a 2200m (Fragilidade Muito Fraca) e os entalhes médios dos vales são em torno de 30 metros (Fragilidade Muito Fraca).

Nos locais de fragilidade Muito Fraca, assinalado no modelo de elevação do terreno, Figura 5.3, pela letra 'A', foi verificado, nas áreas situadas ao sul formas de relevo em colinas ligeiramente convexas (Dc11) e em topos tabulares (Dt11), e nas áreas situadas no extremo leste observou-se o predomínio de topos convexos (Dc11). As altitudes, nessas áreas, variam entre 332 m a 774 m e declividade média de 3,9 %.

Nos locais de fragilidade Fraca, situados no norte, no centro e no oeste da bacia, assinalados com a letra 'B' na Figura 5.3 verificou-se o predomínio de relevos em formas com topos tabulares (Dt21), porém ocorrem formas com topos levemente convexizados (Dc21).

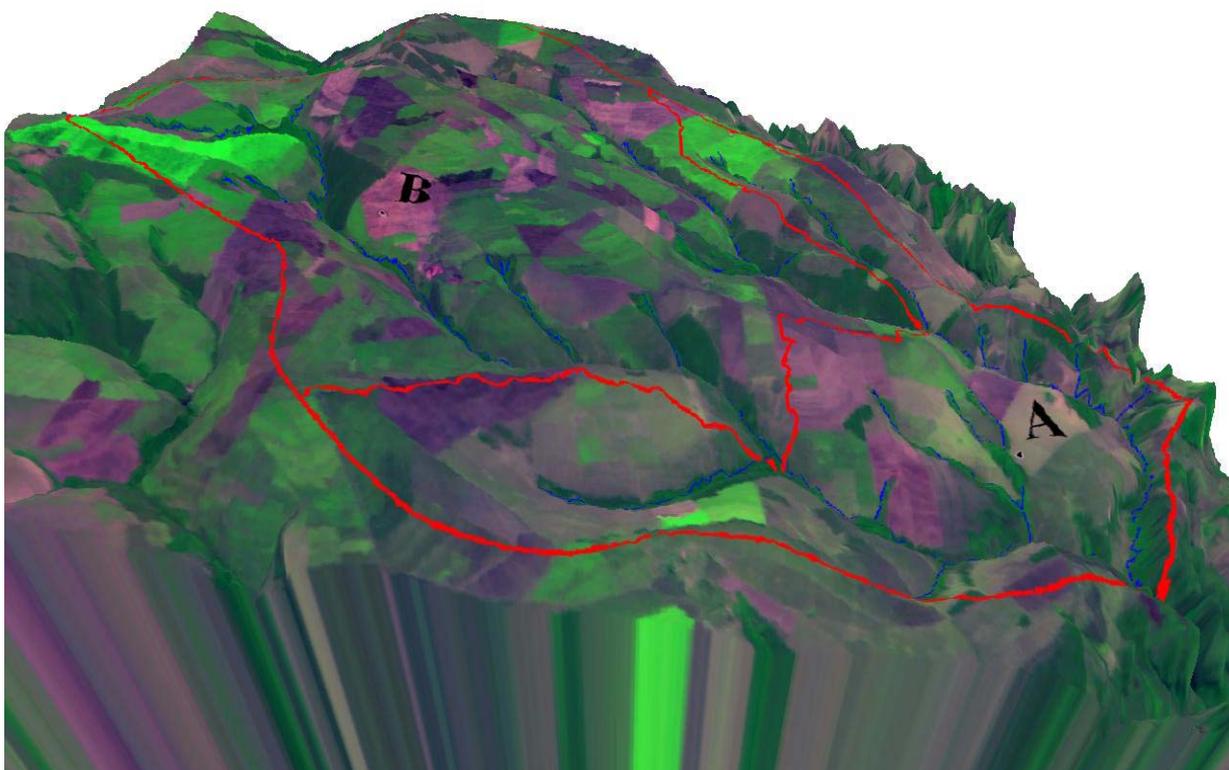


Figura 5.3 – Modelo de Elevação do Terreno, com a divisão das áreas de dissecção Muito Fraca (A) e Fraca (B).

A quantificação das áreas ocupadas por classe indicou o predomínio na BHTAM de relevos com dissecção 'Fraca', com 65,94% ou 223,93 km² da área total da Bacia. Nesses locais há maiores possibilidades de escoamento superficial, a erosão trabalha mais intensamente

em relação às outras áreas (Tabela 5.5). Apenas 34,06% ou 115,63 km² da área total da bacia apresentam fragilidade ‘Muito Fraca’ para o índice de dissecação do relevo.

Na execução da ‘carta de fragilidade dos solos’ são consideradas suas características físicas e químicas expressas em termos de erodibilidade, bem como, o seu comportamento frente ao escoamento superficial das águas das chuvas. Nessa carta observa-se um ligeiro equilíbrio na distribuição de áreas com classes de solos com fragilidade ‘Muito Fraca’ e ‘Muito Forte’ (Figura 5.4).

Tabela 5.5 - Área ocupada em km² e percentual em relação à classe de fragilidade do índice de dissecação do relevo, classe de fragilidade dos solos, classe de fragilidade da erosividade das chuvas e classe de Fragilidade Ambiental Potencial.

	Classes de Fragilidade	Área (km²)	Área (%)
Índice de dissecação do relevo	Muito Fraca	115,63	34,06
	Fraca	223,93	65,94
	Total	339,56	100,00
Solos	Muito Fraca	154,69	45,56
	Fraca	53,13	15,64
	Média	10,57	3,12
	M. Forte	121,17	35,68
	Total	339,56	100,00
Erosividade	Média a Forte	70,96	20,90
	Forte	268,60	79,10
	Total	339,56	100,00
Fragilidade ambiental Potencial	Média	43,56	12,83
	Forte	174,83	51,49
	Muito Forte	121,17	35,68
	Total	339,56	100,00

É possível observar também na ‘carta de fragilidade dos solos’ que próximo às nascentes do Tenente Amaral e na extremidade leste da bacia a ocorrência de pequenas áreas consideradas de fragilidade ‘Média’. Em relação a classe de fragilidade ‘Fraca’ verifica-se que esta aparece contornando os solos considerados de fragilidade ‘Muito Forte’ e também, entre esses e aos solos de fragilidade Muito Fraca.

A classe de fragilidade dos solos ‘Muito Fraca’ ocupa na bacia uma área de 154,69 km², o equivalente a 45,56%. A classe de fragilidade ‘Fraca’ ocupa 15,64%, correspondendo a 53,13 km² da área total da bacia, são solos classificados como LATOSSOLOS VERMELHO AMARELO com textura média a argilosa que apresentam em geral média a boa aptidão agrícola e são pouco erodíveis (Tabela 5.5).

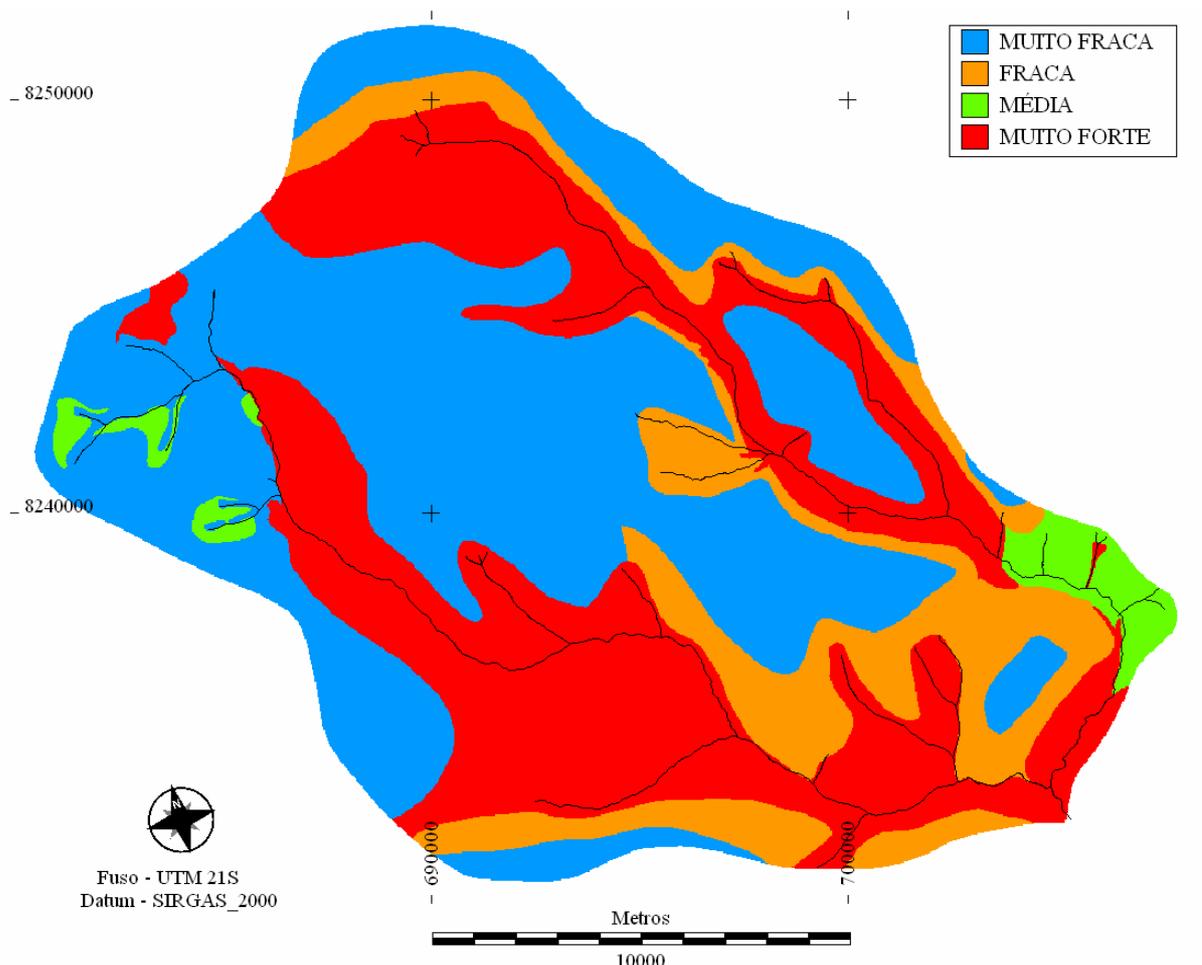


Figura 5.4 – Carta de Fragilidade dos Solos frente ao escoamento superficial das águas pluviais.

As áreas com solos de fragilidade classificadas como ‘Média’ ocupam 3,12% ou 10,57 km². Estas áreas estão associadas aos solos denominados PLINTOSSOLOS que apresentam limitações relevantes em relação à suscetibilidade à erosão (GUERRA e BOTELHO, 2003), porém, são de baixa fertilidade natural, apresentam elevada acidez e toxicidade por alumínio, que, em muitos casos, tornam esses solos inaptos ou com aptidão restrita aos cultivos.

Não se observou a ocorrência de solos de fragilidade ‘Forte’, já solos classificados como de fragilidade ‘Muito Forte’ ocupam aproximadamente 35,68% da área total, distribuídos ao longo dos dois canais e ocupando 121,17 km².

Estes locais que apresentam fragilidade ‘Muito Forte’ estão praticamente sobre os locais cujos solos foram classificados como Áreas Quartzosas, ou pelo atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SIBCS) como NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS. Estes solos não apresentam coesão entre as partículas, o que os torna de grande suscetibilidade a erosão (VENTURIM e BAHIA, 1998).

Nos NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS, conforme destacado por Vasconcelos et al. (1999), a capacidade de troca de cátions (CTC) e a retenção de umidade são muito baixas e dependentes da matéria orgânica. Esses solos são de elevada erodibilidade (SALOMÃO, 1999) e requerem cuidados especiais no seu preparo visando à conservação da matéria orgânica que é facilmente perdida em manejos inadequados durante o cultivo.

A distribuição e a intensidade das chuvas ao longo do ano são fatores decisivos no processo de intemperismo das rochas e solos, por este motivo são fundamentais para a análise da fragilidade ambiental (SPÖRL, 2001). O conhecimento sobre a distribuição do fenômeno intensidade pluviométrica auxilia na determinação da fragilidade, na escolha e adoção de práticas de conservação de solos mais adequadas, que são fundamentais para manutenção das boas condições do ambiente e para a agricultura. A erosividade das chuvas, ou seja, a capacidade desta em provocar desprendimento e transporte de solo, teve a sua representação cartográfica utilizada para avaliar a influência do clima sobre o ambiente no presente estudo e encontra-se no ANEXO A5.

No interior da bacia verifica-se que 268,6 km² ou 79,1% da área apresenta erosividade Forte (7.537 a 9.810 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹) e apenas 20,9% ou 70.96 km² apresentam valores de erosividade entre 4.905 a 7.537 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, valores que colocam este setor, extremo leste, da BHTAM na classe de erosividade Média a Forte (Tabela 5.5).

A fragilidade potencial é a fragilidade apresentada considerando-se apenas os componentes naturais solos, relevo e chuvas. A ‘carta de fragilidade potencial’ é obtida cruzando primeiramente a ‘carta de fragilidade dos índices de dissecação do relevo’ com a ‘carta de fragilidade dos solos’ e posteriormente a carta resultante é cruzada com a ‘carta de erosividade das chuvas’, originando um produto cartográfico denominado ‘Carta de Fragilidade Potencial’ (Figura 5.5).

A análise integrada dos elementos naturais da área, conforme os conceitos elaborados por Tricart (1977), indicam que, quanto ao equilíbrio dinâmico, o meio natural na BHTAM pode ser classificado como uma unidade de forte instabilidade a fortemente instável, pois há, conforme Tabela 5.5, o predomínio de áreas de fragilidade ‘Forte’ (51,49%) e de fragilidade ‘Muito Forte’ (35,68%) em 174,83 km² e 121,17 km² respectivamente; marcados principalmente pela influência da erosividade, no caso da classe Forte e, pelos tipos de solos, no caso da classe ‘Muito Forte’ (Figura 5.5).

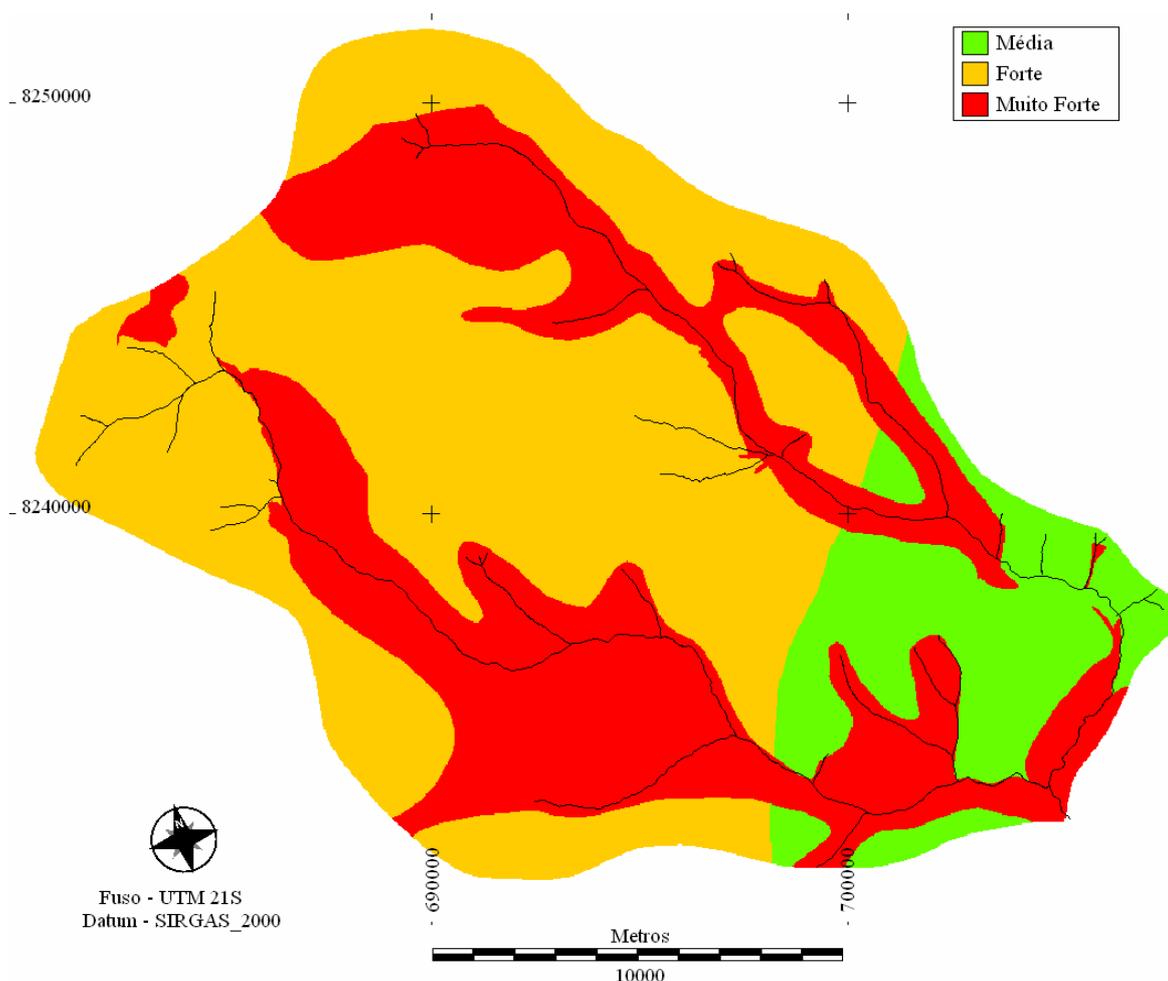


Figura 5.5 - Carta de Fragilidade Ambiental Potencial da BHTAM resultante dos cruzamentos sucessivos entre as cartas representativas dos fatores índice de dissecação do relevo, solos e erosividade.

As áreas de Média fragilidade potencial estão restritas ao setor leste da bacia, onde os solos em sua maioria apresentam relativa resistência à erosão, a erosividade é menor e o índice de dissecação é mais suave, esta classe ocupa apenas 43,56 km² que corresponde a 12,83 % da área total (Tabela 5.5).

Os resultados da pesquisa, mostrados na Figura 5.5 revelam a ocorrência de classes de fragilidade potencial Média, Forte e Muito Forte, indicando que sob o ponto de vista da fragilidade potencial a área apresenta sérias restrições quanto ao tipo de uso a ser dado em função da elevada suscetibilidade dos solos do local aos processos erosivos; sendo, portanto, necessário o planejamento que levem em conta estes índices de fragilidade e a aptidão das terras do local.

Pachechenik (2004) encontrou para a bacia do Rio das Pedras em Guarapuava - PR, fragilidade potencial ambiental “Média a Forte” e por esse motivo considera que a área apresenta restrições para o uso do solo.

Spörl e Ross (2004) aplicando a mesma metodologia encontraram, para uma área localizada na divisa entre os estados de São Paulo e Minas Gerais, quatro graus diferenciados de fragilidade com predomínio da classe de fragilidade potencial Média. Spörl e Ross (2004) afirmam que a determinação da fragilidade pode ajudar o processo de tomada de decisões, subsidiando a gestão territorial de forma planejada e sustentável, evitando problemas gerados pela ocupação desordenada.

Na carta com o grau de proteção dado pela cobertura vegetal ao solo, a qual expressa a cobertura vegetal remanescente e o tipo de uso dado aos solos e revela as relações sócio-econômicas dentro da BHTAM, verifica-se o predomínio de formas de uso que conferem média proteção aos solos do local, tais como, usos representados por cultivos em curvas de nível/terraceamento com cana e pastagens com baixo pisoteio e silvicultura de eucaliptos com sub-bosque de nativas (Figura 5.6). Essas áreas classificadas com grau de proteção médio distribuem-se por aproximadamente 207,36 km², equivalendo a 61,07% da área total da bacia (Tabela 5.6).

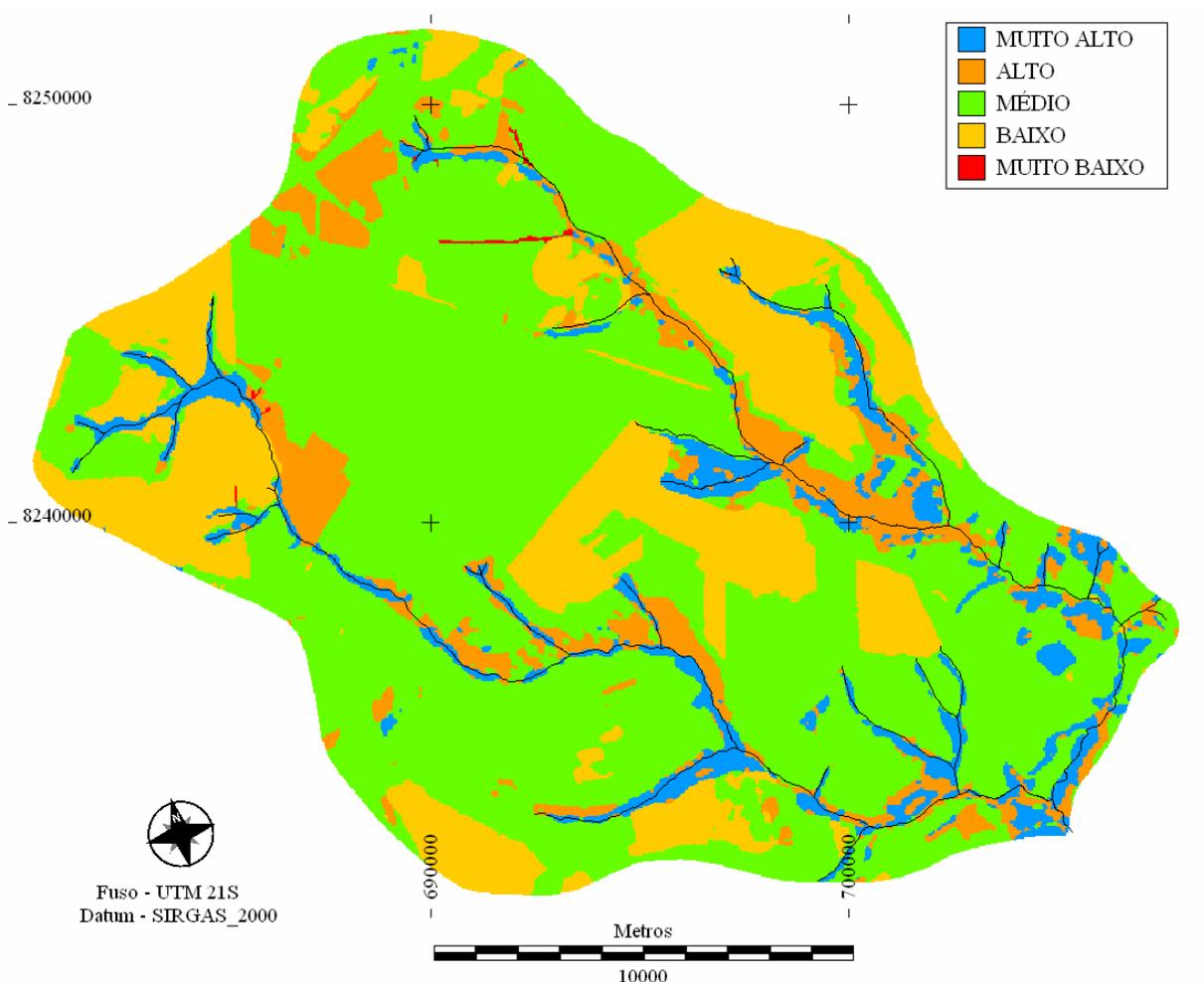


Figura 5.6 - Grau de Proteção proporcionado aos solos pela vegetação e formas de uso.

As florestas/matias naturais, florestas cultivadas com biodiversidade, formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária, Cerrado denso, capoeira densa) e pastagens cultivadas sem pisoteio excessivo do gado são as formas de uso que melhor protegem os solos contra a ação dos processos erosivos, proporcionando grau de proteção alto a muito alto aos locais onde são mantidas.

Entretanto, como consequência da intensa antropização que ocorre nesta bacia verifica-se a existência de vegetação natural e de outras formas de uso que dão mais proteção aos solos apenas às margens dos córregos ou então em forma de pequenos fragmentos florestais dispersos pela bacia (Figura 5.6). Estas feições ocupam ao todo, uma área correspondente a 16,86% ou 57,25 km² de toda área da bacia hidrográfica (Tabela 5.6). Estes remanescentes de vegetação natural, aparentemente, são quantitativamente inferiores à área mínima exigida pela legislação.

Os cultivos de ciclo longo, de fraca densidade com possibilidade de solo exposto entre ruas como o coco e as culturas de ciclo curto (arroz, trigo feijão, soja, milho, milheto, sorgo e algodão) mesmo quando cultivados com práticas conservacionistas: curvas de nível e terraceamento, são considerados cultivos que oferecem ‘Baixo Grau’ de proteção aos solos. Essas formas de uso estão bem distribuídas espacialmente por toda área, conforme pode ser verificado na Figura 5.6. De acordo com o indicado na Tabela 5.6, as coberturas que oferecem baixa proteção aos solos ocupam 74,56 km² ou 21,96% da área da BHTAM.

Tabela 5.6 - Área ocupada em km² e percentual por classe referente ao grau de proteção oferecido pela cobertura vegetal e por classe de fragilidade ambiental emergente.

	Classe de Fragilidade	Área (km²)	Área (%)
Grau de proteção em relação à cobertura vegetal	Muito Alto	24,62	7,26
	Alto	32,63	9,60
	Médio	207,36	61,07
	Baixo	74,56	21,96
	Muito Baixo	0,39	0,11
	Total	339,56	100,00
Fragilidade ambiental emergente	Média	39,01	11,50
	Forte	179,34	52,81
	Muito Forte	121,21	35,69
	Total	339,56	100,00

Em função da metodologia utilizada na elaboração da carta de vegetação, uso e ocupação dos solos; da resolução e data da imagem e da escala adotada no presente estudo, não

foram detectadas áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto, caminhos e estradas, terraplanagens e áreas de empréstimo, culturas de ciclo curto sem adoção de práticas conservacionistas, portanto não foram consideradas.

Consta na Tabela 5.6 uma pequena área de 0,39 km² que aparece classificada com grau de proteção ‘Muito Baixo’, ocupando apenas 0,11% da BHTAM, que referem-se às voçorocas encontradas e mapeadas anteriormente por Vasconcelos et al. (1999).

Após a integração/cruzamento das informações contida na ‘carta de fragilidade ambiental potencial’ e a ‘carta com o grau de proteção por tipo de cobertura vegetal e uso antrópico’ obteve-se um produto cartográfico denominado por Ross (2004) de ‘Carta de Fragilidade do Relevo’, convencionalmente citado na literatura como ‘Carta de Fragilidade Ambiental Emergente’.

A ‘carta de fragilidade ambiental emergente’ permite identificar os diferentes padrões de fragilidade na BHTAM que variou de ‘Média Fragilidade’ até ‘Muito Forte’ (Figura 5.7). A carta de fragilidade traz um diagnóstico da situação ambiental dentro das Unidades Ecodinâmicas e por isso constitui-se num importante instrumento que auxilia na análise do ambiente e fornece subsídios para a indicação de ações que visem melhorias nos padrões de uso agrícola e na adoção de formas de manejo menos impactantes ao meio.

Conforme indica os dados da Tabela 5.6, a classe de fragilidade ambiental ‘Forte’ apresenta um ligeiro predomínio em relação às demais classes, ocupa 179,34 km², equivalendo a 52,81% da área total da BHTAM, distribuindo-se principalmente em locais com a presença de sedimentos inconsolidados areno-argilosos da Formação Cachoeirinha (Lacerda Filho, 2004), em áreas cobertas principalmente por LATOSSOLOS VERMELHO ESCUROS de textura argilosa sobre relevos em topos, nos segmentos superiores das vertentes e também em áreas cobertas por LATOSSOLOS VERMELHO AMARELOS argilosos, nos segmentos intermediários das vertentes em declives inferiores a 6% (Figura 5.7).

As áreas detectadas como de classe de fragilidade ambiental emergente Média têm sua ocorrência restrita ao setor leste da bacia da BHTAM em decorrência principalmente da erosividade de menor intensidade e do uso ser mais freqüente na forma de pastagens. Esta classe de fragilidade está distribuída por 11,50% da área ocupando 39,01 km² da Bacia (Tabela 5.6).

As áreas onde há o predomínio dos NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS, sedimentos arenosos e siltico arenosos inconsolidados, também da formação Cachoeirinha e

formas convexas nos segmentos inferiores das vertentes foram determinadas como de fragilidade Muito Forte e ocupam 35,69% ou 121,21 km² da bacia.

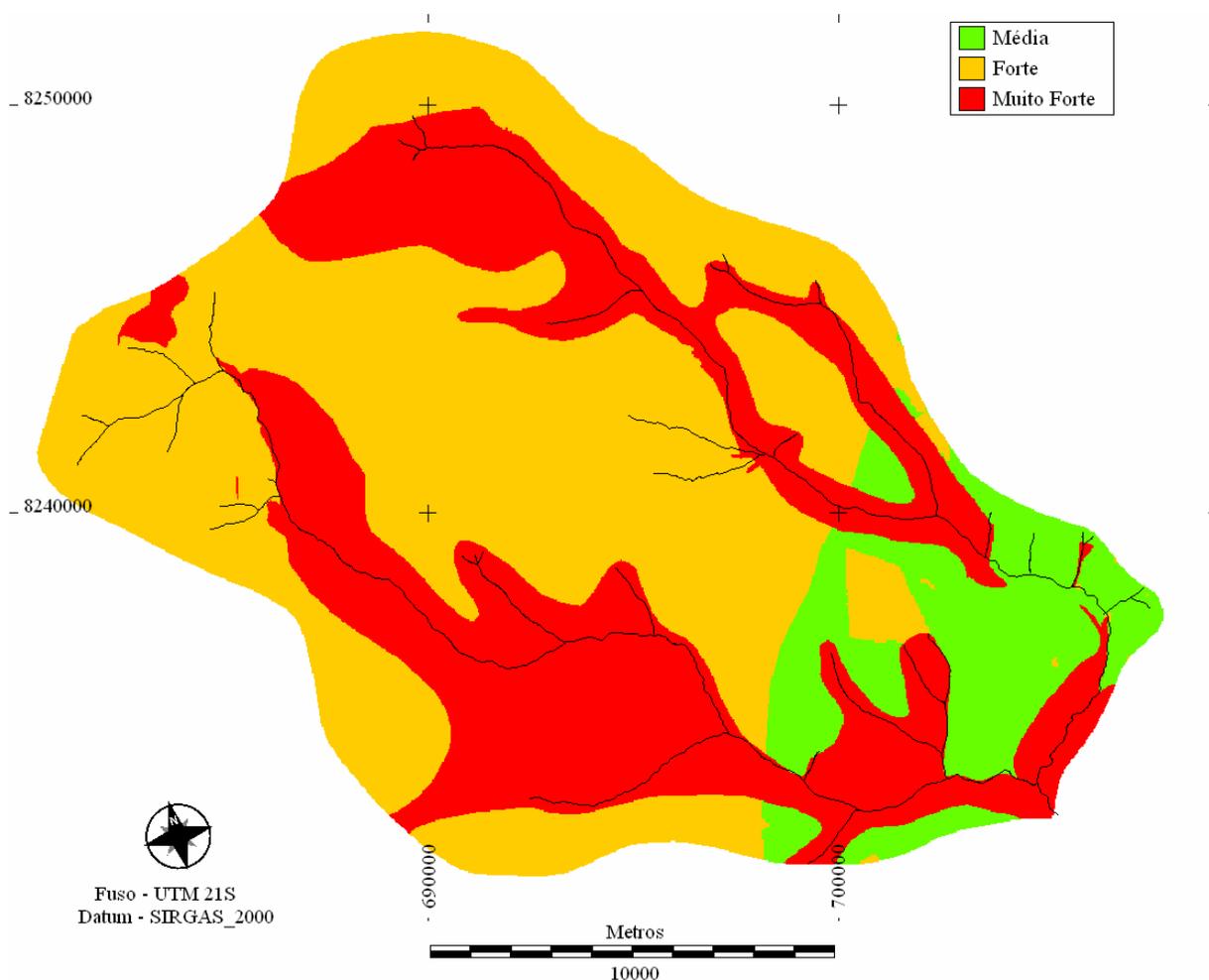


Figura 5.7 – Carta de Fragilidade Ambiental Emergente.

A semelhança apresentada entre as cartas de fragilidade potencial e emergente confirma a instabilidade apresentada pelos elementos naturais e indica que as formas de uso do solo na BHTAM encontram-se compatíveis com a fragilidade e aptidão natural do local. Porém, este resultado não se constitui em um indicador de que a bacia está protegida da erosão, pois a fragilidade apresentada pelos elementos naturais requer alto grau de cobertura, a qual só é possível de ser dada, conforme Ross (1994), por formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária, Cerrado denso, capoeira densa), mata homogênea de pinus densa, pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo como cacau e florestas/matias naturais, florestas cultivadas com biodiversidade.

A carta de fragilidade ambiental revela os desequilíbrios nos componentes do meio físico provocados pela intervenção humana no ambiente. A carta de fragilidade ambiental nas Unidades ecodinâmicas de instabilidade Emergente (UEIE) retrata a condição atual em que se

encontra o ambiente na BHTAM face aos desmatamentos e práticas econômicas diversas que fizeram a instabilidade nessas áreas emergir e colocá-las em risco (Figura 5.8). Nessa representação cartográfica as áreas com cobertura vegetal natural não são incluídas nas classes de fragilidade.

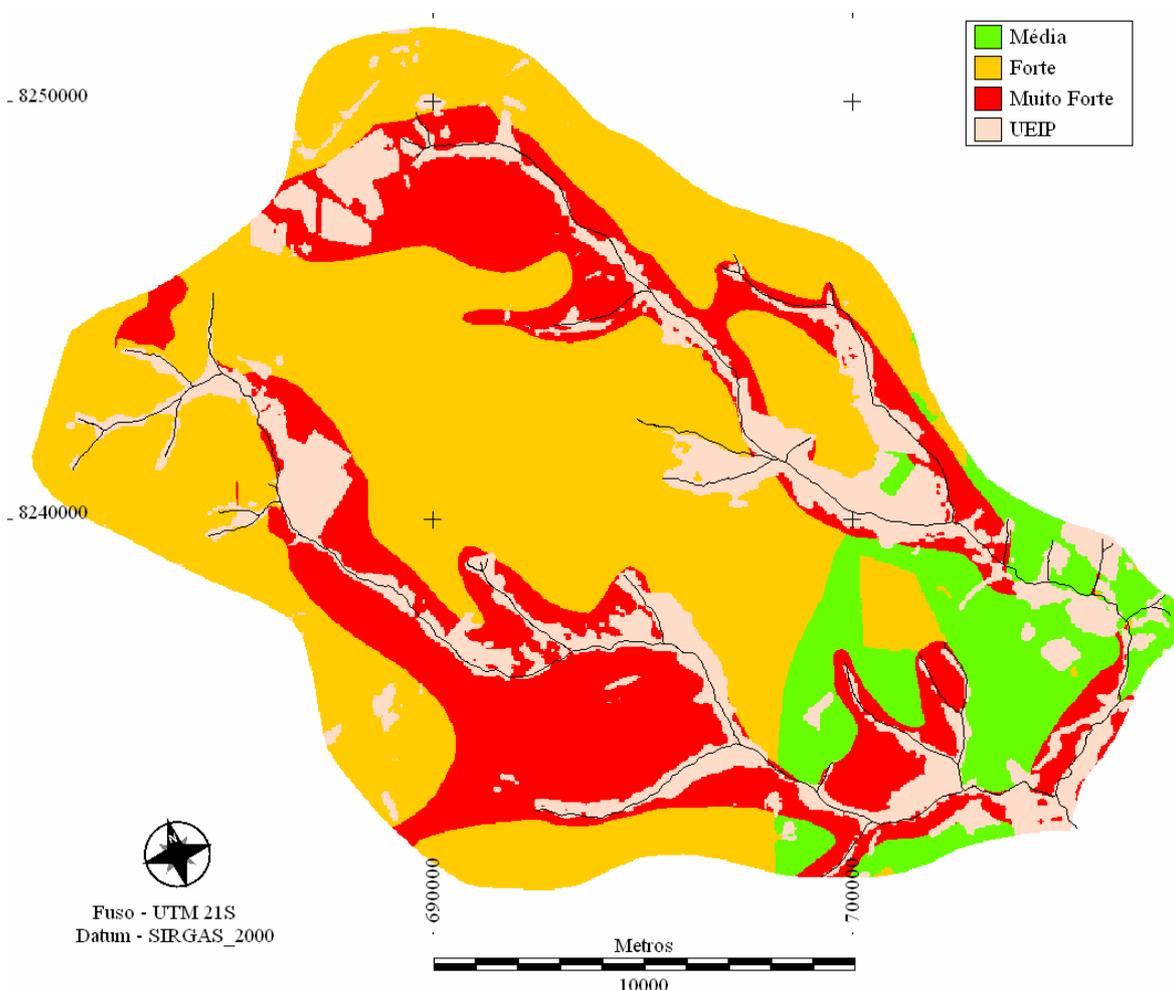


Figura 5.8 – Fragilidade Ambiental nas Unidades ecodinâmicas de instabilidade Emergente (UEIE).

As classes de fragilidade ambiental em áreas de instabilidade emergente ficaram assim distribuídas no interior da BHTAM: as áreas de fragilidade Média ocupam apenas 11,35% da área total da UEIE, o equivalente a 32,04 km² e encontra-se dispersa pelo setor leste da bacia (Tabela 5.7); a ‘classe de fragilidade Forte’ ocupa 59,98% ou 169,33 km² da área da bacia e está distribuída pelos segmentos intermediários a superiores das vertentes e predomina na bacia. Esta classe tem sua ocorrência no local marcada principalmente pelas diferenças na distribuição espacial da erosividade.

Tabela 5.7 - Área em km² e percentual ocupada por classe de fragilidade ambiental nas UEIE e classe de fragilidade ambiental nas UEIP.

	Classes de Fragilidade	Área (km²)	Área (%)
UEIE	Média	32,04	11,35
	Forte	169,33	59,98
	Muito Forte	80,95	28,67
	Total na UEIE	282,32	83,14
UEIP	Média	6,97	12,16
	Forte	10,01	17,49
	Muito Forte	40,26	70,35
	Total na UEIP	57,24	16,86
Total na BHTAM		339,56	100,00

As áreas classificadas com fragilidade ‘Muito Forte’, também dentro das UEIE, distribuem-se espacialmente pela bacia numa ampla faixa margeando as áreas de fragilidade potencial (UEIP) e os cursos d’águas existentes no local (Figura 5.8). Ocorrem principalmente sobre solos arenosos (NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS) em áreas que apresentam declividade média pouco superior a 6%, em alguns locais, podendo atingir 20% e, com formas de relevo ligeiramente convexos, nos segmentos inferiores das vertentes. A classe de fragilidade ‘Muito Forte’ ocupa 80,95 km² (28,67%) da área total da bacia (Tabela 5.7).

Nas áreas onde a instabilidade pode emergir a qualquer momento (UEIP), bastando para isso que ocorra a intervenção humana sobre o meio natural por intermédio das atividades econômicas, predomina a classe de fragilidade ‘Muito Forte’ (Figura 5.9). Os componentes do meio físico: solos e relevo, nessa unidade, conferem a ela um caráter de extrema fragilidade ambiental.

As áreas consideradas como de instabilidade potencial, onde as condições ambientais foram mantidas, ou aproximam-se do seu estado natural que ainda encontra-se em equilíbrio dinâmico ficaram restritas aos trechos que acompanham os cursos d’água ou em forma de fragmentos florestais dispersos pela bacia, cobrindo uma área de 57,24 km², 16,86% da BHTAM (Tabela 5.7).

Em 40,26 km² da UEIP ocorre a classe de fragilidade ambiental ‘Muito Forte’, que corresponde a 70,35% da área. As classes de fragilidade ‘Média’ e ‘Forte’ cobrem, respectivamente, 12,16% e 17,49% em 6,97 km² e 10,01 km². (Tabela 5.7).

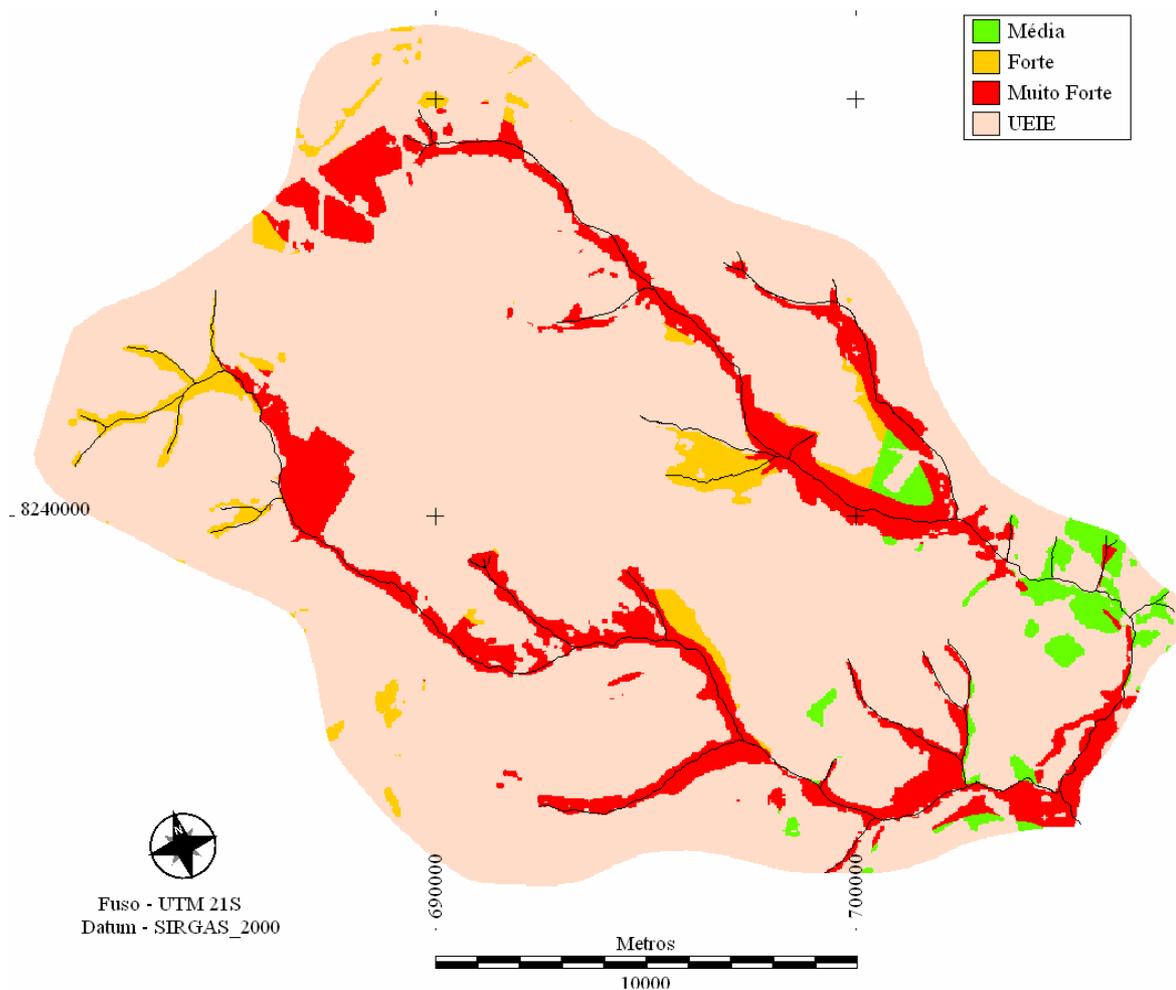


Figura 5.9 – Fragilidade Ambiental nas Unidades ecodinâmicas de instabilidade Potencial (UEIP)

5.4 - CONCLUSÕES:

O SIG IDRISI[®] proporciona uma variedade de recursos de análise espacial, mostrando-se como uma ferramenta eficiente na determinação da fragilidade ambiental da BHTAM.

As cartas produzidas no presente estudo trazem informações do ambiente natural e da ação humana no local, possibilitando, assim, uma análise integrada da área para auxiliar em decisões que visem corrigir os desequilíbrios ambientais.

Os resultados da carta da fragilidade potencial demonstram que 87,17% da área de estudo encontram-se naturalmente em condições de instabilidade ‘Forte’ a ‘Muito Forte’ e 88,5%

da área total da bacia apresenta classe de fragilidade emergente de Forte a Muito Forte; resultado que pode ser considerado como forte indício de que a sustentabilidade ambiental na BHTAM está ameaçada. Sendo então necessário a adoção de medidas preventivas para garantir o equilíbrio ambiental. Prevenir significa definir uma política de caráter sustentável para o uso dos recursos do solo e da água, preservando-os de modo a mantê-los renováveis para as futuras gerações.

Os resultados mostram também que a metodologia de análise empírica da fragilidade é bastante restritiva e impõe limitações severas ao uso para atividades econômicas na BHTAM, porém, permite avaliar de forma integrada os componentes naturais e antrópicos no local.

No interior das Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial e Emergente as classes de fragilidade ‘Muito Forte’ e ‘Forte’ predominam e ocupam 70,35% e 59,98% respectivamente.

5.5 - REFERÊNCIAS

BERTONI J. e LOMBARDI NETO F. **Conservação do solo**. 5ª ed., São Paulo: Editora Ícone, 2005. 358p.

BRASIL, Ministério das Minas e Energia, Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SD.21 Cuiabá; **geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**, Rio de Janeiro, 1982. 540p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (Brasília, DF). **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (Pantanal) - PCBAP**: análise integrada e prognóstico da Bacia do Alto Paraguai. Brasília, 1997. v.3. 369 p., anexos. Programa Nacional do Meio Ambiente. Projeto Pantanal.

CAMARGO, M,N.; KLAMT, E. & KAUFFMAN. J.H. Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil, **Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas. 12 (1): 11-33. 1987.

EASTMAN, J.R. 1998, Idrisi for Windows, versão 2. **Manual do Usuário**: Introdução e Exercícios Tutoriais. H. Hasenack & E. Weber (eds.), UFRGS/Centro de Recursos Idrisi, Porto Alegre, 235p.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solo (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 1999, 412p.

GUERRA, A. J. T.; & BOTELLO, R. G. M.; Erosão dos Solos In: CUNHA, S.B.da; e GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil; 2003. p. 181 - 228.

LACERDA FILHO, J. V. de; **Geologia e recursos minerais de Mato Grosso**. Org. Joffre Valmório de Lacerda Filho, Waldemar Abreu Filho, Sidney Rodrigues Valente, Cipriano Cavalcante de Oliveira e Mario Cavalcante Albuquerque. Escala. 1:1.000.000. Goiânia: CPRM, 2004.

PACHECHENIK P.E. **Caracterização hidrológica e da fragilidade ambiental na bacia do rio das pedras, Guarapuava – PR**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches - Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados, In: **Revista do Departamento de Geografia/USP**, n.º 8, EDUSP, São Paulo/SP, 1994.

ROSS, J. L. S. - O Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo In: **Revista do Departamento de Geografia** 6, DG-FFLCH-USP, São Paulo: p.17 – 28. 1992.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia**: ambiente e planejamento. SP: Contexto, 2001.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia aplicada aos EIAs - RIMAs. In: **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T., SILVA, A. S. & BOTELLO, R. G. M (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p.229-267.

SPÖRL, C. **Análise da Fragilidade Ambiental Relevo-Solo com Aplicação de Três Modelos Alternativos nas Altas Bacias do Rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: FFLCH – USP, 2001.

SPÖRL, C. & ROSS, J.L.S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos, GEOUSP - **Espaço e Tempo**, São Paulo, N° 15, pp.39-49, 2004. in:

<http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/Geosp/Geosp15/Artigo3.pdf>. <acesso em 13/03/2007>.

TRICART, Jean – **Ecodinâmica**, FIBGE, Secretaria de Planejamento da Presidência da República, Rio de Janeiro/RJ, 1977.

VENTURIM; R.P.; BAHIA; V.G.; Considerações sobre os principais solos de Minas Gerais e sua susceptibilidade à erosão. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 191, p. 7-9, 2001.

VASCONCELOS, T.N.N. **Interpretação morfológica da bacia do rio Tenente Amaral, Jaciara-MT: Condição básica para sua caracterização ambiental**. 1998.160p. Dissertação (Mestrado) - IB-UFMT. Cuiabá.

VASCONCELOS, T.N.N; Barros, L.T.L.P; Monteiro, J.R.B. **Estudo Integrado da Bacia do rio Tenente Amaral uma Proposta de Zoneamento Ambiental**. Governo do Estado de Mato Grosso, Fundação Estadual de Meio Ambiente – FEMA – PRODEAGRO – BIRD – Cuiabá-MT. 1999.

CAPÍTULO 6 - CARTA DE VULNERABILIDADE À EROSÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TENENTE AMARAL EM JACIARA, MT - BRASIL

6.1 – INTRODUÇÃO

As trocas de energia e matéria que ocorrem na natureza se processam por meio de relações em equilíbrio dinâmico, entretanto, esse equilíbrio é freqüentemente quebrado pelas intervenções humanas, causando desequilíbrios temporários ou até mesmo permanentes (TRICART, 1977 citado por ROSS, 2004).

Os impactos que as atividades antrópicas causam ao meio ambiente, geralmente, resultam em algum tipo de resíduo ou em alteração na paisagem. Entende-se por impacto ambiental qualquer alteração no meio ou em algum dos seus componentes que levam à quebra do equilíbrio dinâmico. Essa alteração é provocada por determinada ação ou atividade antrópica ou, ainda, por alguma forma natural.

O planejamento ambiental busca o uso sustentável dos recursos naturais para minimizar ou eliminar os impactos ambientais causados pela ação humana. Porém, para apresentar resultados positivos, quem planeja deve recorrer a métodos e técnicas adequados além de considerar as potencialidades e vulnerabilidades do ambiente.

Recentemente, no planejamento da ocupação e do uso racional dos solos, visando mais exatidão e precisão a fim de minimizar os danos causados ao meio ambiente, vem sendo proposta a utilização das chamadas geotecnologias, prioritariamente, sensoriamento remoto orbital, sistemas de informações geográficas e o sistema de posicionamento global.

As geotecnologias, quando bem empregadas, ajudam a identificar as vulnerabilidades e potencialidades do ambiente e também permitem a realização de análises complexas para o zoneamento de áreas visando à ocupação ordenada, o uso racional e o monitoramento das ações antrópicas.

Becker e Egler (1996) entendem Zoneamento Ecológico Econômico como um dos instrumentos usados para a racionalização da ocupação dos espaços e de redirecionamento de atividades. Sua utilização subsidia estratégias e ações para a elaboração e execução de planos

regionais em busca do desenvolvimento sustentável e tem como finalidade dotar o Governo com informações técnicas para a espacialização das políticas públicas visando a ordenação do Território.

Para Ross (2001), Zoneamento Ecológico Econômico é visto como um instrumento técnico e político direcionado ao ordenamento do espaço geográfico. Sua função é apontar as diretrizes técnicas de planejamento voltadas para a promoção e redirecionamento de atividades econômicas, produtivas e conservacionistas e, o controle ou a restrição de usos e das formas de apropriação do território que representam potencialidades e entraves ao desenvolvimento sustentável.

Buscando soluções para subsidiar o zoneamento das atividades antrópicas, Crepani et al. (2001), com base na análise morfodinâmica (ecodinâmica) proposta por Tricart (1977) e com ênfase no uso de geotecnologias, principalmente, o sensoriamento remoto e os sistemas de informações geográficas, apresentaram uma metodologia para elaborar mapas de vulnerabilidade às modificações ambientais, que acarretam ou aceleram as perdas de solo, cujas causas sejam tanto naturais quanto pelo uso e ocupação da terra.

Na formulação da concepção ecodinâmica Tricart (1977), analisando o ambiente sob a ótica da teoria dos sistemas, definiu que os diferentes ambientes, quando se encontram em equilíbrio dinâmico são estáveis e, quando em estado de desequilíbrio são instáveis. Sendo assim, esse autor descreve que são encontrados na natureza meios estáveis nos quais predominam processos de pedogênese, meios fortemente instáveis onde os processos morfogenéticos superam os pedogenéticos e, meios intergrades, que são caracterizados pela transição dos ambientes instáveis para os meios estáveis, ou seja, há um equilíbrio entre as interferências morfogenéticas e pedogenéticas.

Na natureza esta concepção ecológica se processa nos ambientes vulneráveis ou de instabilidade pelo predomínio dos processos erosivos que alteram as formas de relevo ou em ambientes estáveis onde a formação dos solos por processos de Latossolização, Podzolização, Calcificação, Salinização, Gleização, etc. prevalecem.

O conhecimento da vulnerabilidade ambiental é fundamental para prever o comportamento futuro dos sistemas naturais diante do processo de ocupação e adensamento da atividade social (BECKER; EGLER, 1996). Para a conservação dos recursos naturais,

principalmente água e solo, é necessário o conhecimento do processo de erosão e a identificação dos locais críticos quanto às perdas de solos.

A Carta de Vulnerabilidade é resultado da integração dos temas geologia, solos, relevo, vegetação/uso do solo e clima. Na aplicação da metodologia é necessário identificar a vulnerabilidade de cada um desses temas.

Segundo Meirelles et al. (1999), os valores de vulnerabilidade para os componentes da paisagem foram definidos a partir das suas características genéticas e da interação que esses componentes têm com os demais elementos do meio ambiente, a fim de que se possa classificar sua capacidade de sustentação frente à ação humana.

A vulnerabilidade às perdas de solo é um indicativo do quanto os solos de uma determinada área estão sujeitos aos processos erosivos. O termo vulnerabilidade apresenta uma conotação relativa e, neste caso, refere-se às modificações ambientais ocorridas naturalmente e pelo uso e a ocupação da terra, que aceleram as perdas de solos. Segundo Palmeira (2004), a vulnerabilidade à perda de solo das unidades de paisagem está ligada à perda do equilíbrio da dinâmica natural do meio ambiente.

Diante do contexto apresentado, pretende-se neste trabalho gerar uma ‘carta de vulnerabilidade à perdas de solos’ para a bacia hidrográfica do rio Tenente Amaral em Jaciara, Mato Grosso, com o auxílio dos produtos de sensoriamento remoto, mapeamentos temáticos e análises no SIG IDRISI® e, desta forma, disponibilizar uma ferramenta de apoio à tomada de decisões para o planejamento ambiental da área objeto deste estudo.

6.2 - METODOLOGIA

A metodologia empregada visa elaborar cartas de vulnerabilidade à erosão, utilizando informações bibliográficas e cartográficas sobre os temas solos, geologia, geomorfologia, clima, vegetação e uso do solo. Sua aplicação requer num primeiro momento a delimitação das UTBs e a confecção de documentos cartográficos sobre esses temas, os quais foram obtidos por compilação, em levantamentos em campo, em cartas topográficas e em imagens de satélite.

A delimitação das UTBs foram feitas usando como base o mapa morfopedológico da área confeccionado por Vasconcelos (1998), dele foi elaborada uma carta contendo as Unidades de paisagem natural e a partir da interpretação das imagens de satélites do local elaborou-se uma outra carta com os polígonos de intervenção antrópica. Segundo Crepani et al. (1996a e 2001) são considerados nesta interpretação os padrões fotográficos identificados pela variação dos matizes de cores, e pela textura do relevo e drenagem. Da combinação destas duas cartas, obteve-se uma terceira onde ficaram estabelecidos os polígonos representando as unidades territoriais básicas (UTBs).

As ‘cartas temáticas de solos e geologia’ da área estudada foram obtidas pela adaptação de trabalhos efetuados por Vasconcelos (1999) e Gonçalves e Schneider (1970), respectivamente. A ‘carta de vegetação e uso do solo’ foi produzida por meio de classificação supervisionada usando imagens CBERS e dados de uso do solo levantados no campo. A ‘carta de intensidade pluviométrica’, que representa o tema clima, foi confeccionada por meio da divisão do valor da pluviosidade média anual (mm) pela duração do período de chuvas (meses) do local.

Na elaboração da carta do tema geomorfologia é necessário obter informações sobre dimensão interfluvial, amplitude altimétrica e declividade do local.

Para obtenção da carta, dimensão interfluvial média (D) foi necessário subdividir a bacia em subbacias a partir do modelo digital do terreno (DEM) usando o comando WATERSHED do IDRISI[®] e em seguida estas subdivisões foram sobrepostas à imagem de satélite e assim obteve-se, por meio de medições a carta com a média da distância entre os interflúvios no interior de cada sub-bacia.

Para a carta amplitude altimétrica (A) foi necessário extrair do DEM as altitudes máximas e mínimas no interior de cada UTB e, pela operação de subtração entre as cartas com a altitude máxima e a altitude mínima, gerou-se a carta de amplitude altimétrica do relevo no interior da unidade territorial básica.

A carta de declividade em graus (D) também foi gerada do DEM, por meio de comandos específicos no software IDRISI[®].

As cartas de solos, geologia, dimensão interfluvial, amplitude altimétrica e declividade, clima, vegetação e uso foram convertidos em modelos numéricos do terreno atribuindo-se valores associados à vulnerabilidade de cada feição encontrada nas respectivas cartas.

Segundo Crepani et. al. (2001), a classificação do grau de vulnerabilidade é estabelecida com base nos processos de morfogênese e pedogênese; a vulnerabilidade é expressa pela atribuição de valores que vão de 1,0 a 3,0, totalizando 21 valores que podem ser atribuídos a cada unidade de paisagem, conforme seu comportamento frente a esses processos.

Os menores valores indicam estabilidade com predomínio da pedogênese e os maiores, indicam instabilidade com predomínio da morfogênese. Nos ANEXOS B1, B2, B3, B4, B5 e B6 estão contidas as tabelas com os valores de estabilidade e instabilidade (Vulnerabilidade) dos elementos naturais e antrópicos referente aos temas Geologia, Geomorfologia (dimensão interfluvial média, amplitude altimétrica e declividade em porcentagem), Pedologia, Clima e Vegetação e Uso antrópico.

Em seguida, gerou-se novas cartas, através de uma operação zonal entre a carta de unidades territoriais básicas (UTBs) com os modelos numéricos do terreno resultante de cada carta temática obtidas anteriormente (CÂMARA E MEDEIROS 1996).

Nesta etapa foram produzidos novos modelos numéricos com as contribuições de cada componente do meio físico homogeneizada dentro de cada uma das UTBs. Esta definição é dada por meio de média ponderada, pois desta forma, se forem encontrados no interior de uma UTB mais de uma mancha em qualquer um dos temas deve-se calcular primeiramente o percentual de ocupação de cada feição na UTB, e assim, obtém-se a média dos valores de vulnerabilidade considerando o peso em relação ao percentual de ocorrência de cada feição (Figura 6.1).

A carta com os valores numéricos de vulnerabilidade para o tema geomorfologia (R) foi obtida pela integração dos modelos numéricos de dimensão interfluvial média, amplitude altimétrica e declividade com a aplicação da equação 6.1.

$$\mathbf{R = (G +A +D)/3} \quad \mathbf{(6.1)}$$

onde:

R = Vulnerabilidade para o tema Geomorfologia.

G = Vulnerabilidade atribuída ao Grau de Dissecação (Dimensão interfluvial).

A = Vulnerabilidade atribuída à Amplitude Altimétrica.

D = Vulnerabilidade atribuída à Declividade.

O passo seguinte foi realizar uma operação com a finalidade de extrair a média entre os modelos numéricos (geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso do solo) e desta forma integra-se a contribuição de cada componente do meio físico nas diferentes UTBs (Figura 6.1). Nesta fase de construção de dados é necessária a aplicação da equação 6.2, resultando, assim, em um único modelo numérico, contendo os valores de vulnerabilidade existentes no intervalo de 1,0 a 3,0 dentro de cada uma das Unidades Territoriais Básicas:

$$V = (G + R + S + VgU + C) / 5 \quad (6.2)$$

onde:

V = Vulnerabilidade

G = vulnerabilidade para o tema Geologia

R = vulnerabilidade para o tema Geomorfologia

S = vulnerabilidade para o tema Solos

$Vg U$ = vulnerabilidade para o tema Vegetação e Uso do Solo

C = vulnerabilidade para o tema Clima

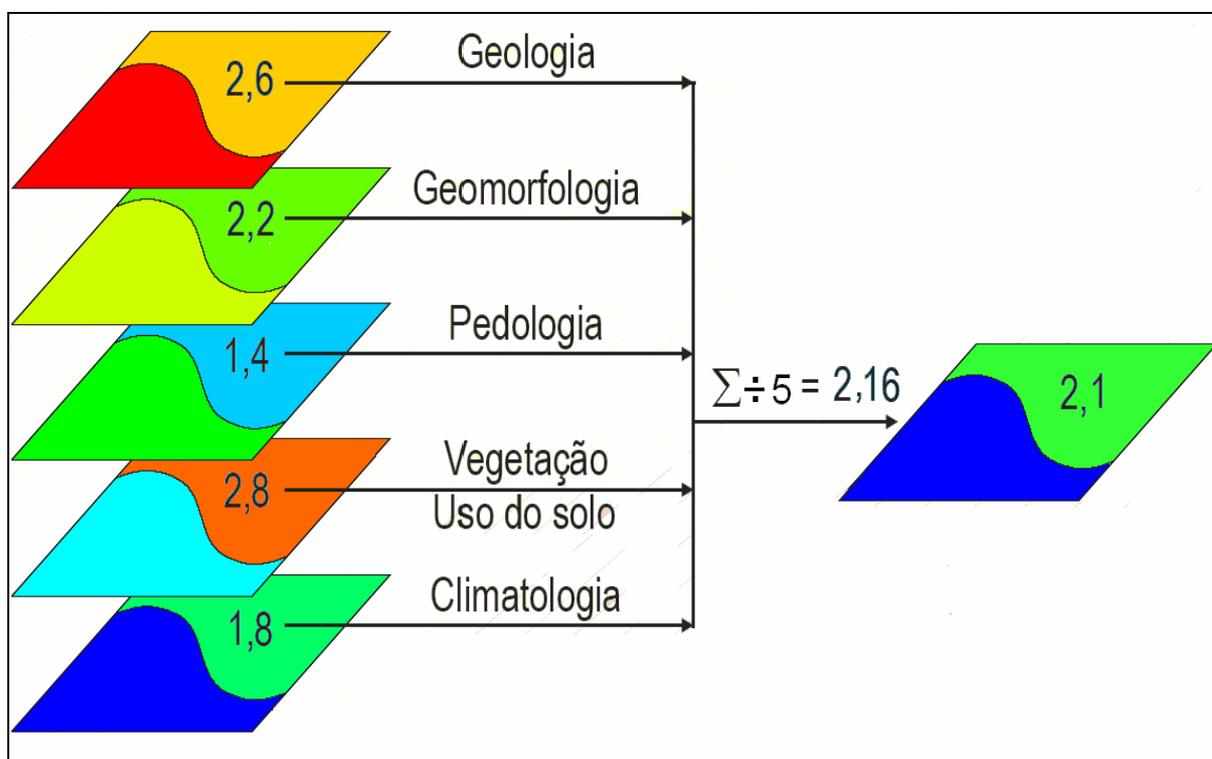


Figura 6.1 – Modelos numéricos, para os temas Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso do solo e clima, com os valores médios de vulnerabilidade ponderados em função do percentual de participação no interior de cada UTB e modelo numérico final obtido pela média dos valores de vulnerabilidade de cada tema no interior das UTBs. Modificado de Souza (1998).

Na etapa final da produção da ‘carta temática de vulnerabilidade à erosão’ procedeu-se o fatiamento da carta resultante da etapa anterior que integrou todos os temas com a aplicação da equação 6.2 e resultou em um único modelo numérico com valores de vulnerabilidade. Para o fatiamento foram adotados os intervalos numéricos, as classes de vulnerabilidade e as cores mostradas na Figura 6.2, resultando assim na ‘Carta temática de vulnerabilidade a erosão’. Os modelos numéricos dos temas geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso do solo também foram fatiados conforme intervalos mostrados na Figura 6.2, gerando uma carta temática de vulnerabilidade para cada um desses temas.

UNIDADE DE PAISAGEM	MÉDIA		GRAU DE VULNERAB.	GRAU DE SATURAÇÃO				
				VERM.	VERDE	AZUL	CORES	
U1	↑	3,0	VULNERÁVEL	255	0	0		
U2		2,9		255	51	0		
U3		2,8		255	102	0		
U4	V	2,7		255	153	0		
U5	U	2,6	MODERADAM. VULNERÁVEL	255	204	0		
U6	L	2,5		255	255	0		
U7	N	2,4		204	255	0		
U8	E	2,3		153	255	0		
U9	R	2,2	MEDIANAM. ESTÁVEL/VULNERÁVEL	102	255	0		
U10	A	2,1		51	255	0		
U11	B	2,0		0	255	0		
U12	I	1,9		0	255	51		
U13	L	1,8	MODERADAM. ESTÁVEL	0	255	102		
U14	I	1,7		0	255	153		
U15	D	1,6		0	255	204		
U16	A	1,5		0	255	255		
U17	D	1,4	ESTÁVEL	0	204	255		
U18	E	1,3		0	153	255		
U19		1,2		0	102	255		
U20		1,1		0	51	255		
U21		1,0		0	0	255		

Figura 6.2 – Cores e intervalos de vulnerabilidade/estabilidade usados na definição das classes de vulnerabilidade à erosão (Fonte: Crepani et al. 1996a).

6.3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

A interpretação das imagens CBERS permitiu a delimitação dos polígonos de intervenção antrópica, os quais foram integrados à carta contendo os limites das unidades de paisagem natural, originando uma nova carta contendo 1.169 unidades territoriais básicas

(UTBs). Uma unidade territorial básica é uma entidade geográfica que contém atributos ambientais que permitem diferenciá-la de suas vizinhas, ao mesmo tempo em que possui vínculos dinâmicos que a articulam a uma complexa rede integrada por outras unidades territoriais. Becker e Egler (1996) afirmam que as unidades territoriais básicas são as células elementares de informação e análise para o zoneamento ecológico-econômico.

Neste trabalho, por ser isenta de custos, optou-se pela utilização das imagens do sistema CBERS 2 como âncora para a delimitação dos polígonos de ação antrópica e pela adaptação do ‘mapa morfopedológico’, publicado em Vasconcelos (1998), para representar as unidades de paisagem natural.

A ‘carta de vulnerabilidade do grau de dissecação horizontal do relevo pela drenagem’ Figura 6.3, foi obtida pela média dos valores de dimensão interfluvial medidos nas imagens ou em cartas topográficas. Essa carta é necessária para estabelecer os valores da escala de vulnerabilidade com relação ao tema geomorfologia. Para realizar esta operação, a bacia foi dividida em seis subbacias e no interior de cada uma delas foi estabelecida a amplitude interfluvial que estabelece a dissecação horizontal do relevo pelos canais de drenagem.

Em relação ao parâmetro dissecação do relevo pela drenagem, verifica-se o predomínio de áreas estáveis aos processos erosivos localizadas, principalmente, nos topos e setores intermediários das vertentes.

Os valores de dimensão interfluvial mais altos indicam um relevo mais plano, que é mais estável ou menos vulnerável aos processos de perda de solo (GOMES 2000). Em contrapartida, um valor pequeno desse mesmo parâmetro indica a existência de menor porosidade e permeabilidade dos solos que dificulta a infiltração das águas e gera escoamento superficial e assim modela o relevo que se torna mais dissecado onde as perdas de solos são facilitadas, caso do extremo leste da bacia (Figura 6.3).

Na Tabela 6.1, a área ocupada tanto em km² como em percentual indica que 252,05 km² ou 74,23 % da bacia apresentam grau de vulnerabilidade Estável para a dissecação horizontal do relevo pelos canais de drenagem. Estes números correspondem aos locais com dimensão interfluvial média mais extensa e são áreas com solos e rocha mais permeáveis, onde as águas das chuvas infiltram com mais facilidade, implicando em menor capacidade erosiva. Distâncias interfluviais altas significam menor densidade de rios por quilômetro quadrado, o que significa uma presença de rede de drenagem fraca. Entretanto, outro problema pode ocorrer,

nessas áreas há maior disponibilidade de água para lixiviação e dissolução de certos minerais, caso do fósforo (P), bem como para formações de lençóis superficiais ou profundos.

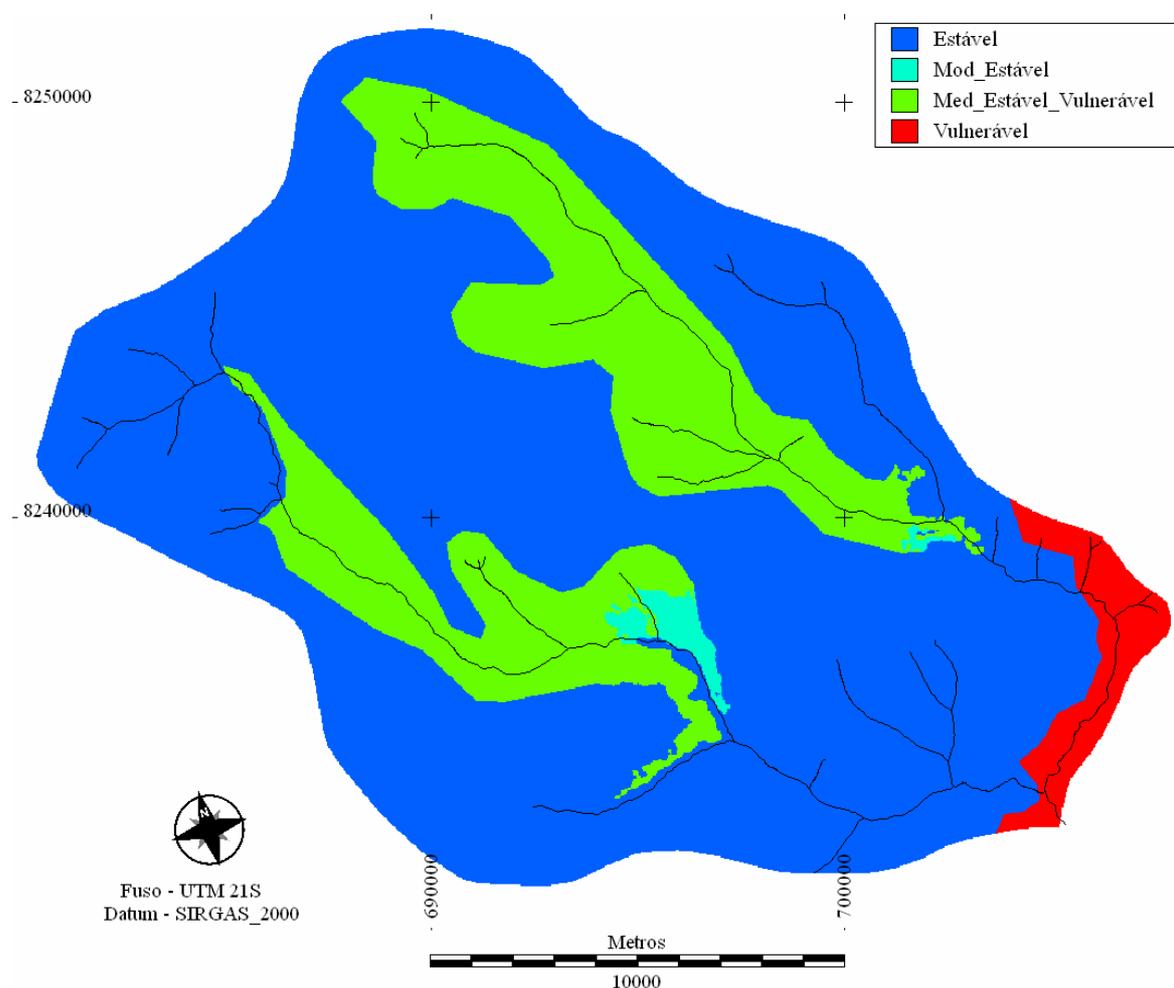


Figura 6.3 - Carta de Vulnerabilidade para o tema Dimensão Interfluvial Média.

As áreas com grau de vulnerabilidade ‘Moderadamente Estável e Medianamente Estável/Vulnerável’ cobrem, respectivamente, 0,92 % ou 3,10 km² e 21,89 % ou 74,34 km² da área total da bacia. As áreas onde as dimensões interfluviais são menores estão classificadas como Vulneráveis, ocupam 10,07 km² (2,96%) apresentam um número maior de canais de drenagem, conseqüentemente, maior disponibilidade de energia potencial para o escoamento superficial, o que gera uma maior capacidade erosiva ou de promover a morfogênese (Crepani et al. 2001).

Os dados de amplitude altimétrica ou amplitude relativa do relevo são também necessários para o estabelecimento do grau de vulnerabilidade em relação ao tema geomorfologia. Este grau foi calculado pela diferença entre as cotas máxima e mínima encontradas no interior de cada UTB, realizado a partir dos dados altimétricos do modelo digital do terreno (DEM).

Tabela 6.1 - Área ocupada em km² e área em porcentagem (%) por classe de vulnerabilidade dos temas dimensão interfluvial média, amplitude altimétrica e declividade.

Tema	Grau de Vulnerabilidade	Área (km²)	Área (%)
Dimensão interfluvial média	Estável	252,05	74,23
	Moderadamente Estável	3,10	0,92
	Medianamente Estável Vulnerável	74,34	21,89
	Vulnerável	10,07	2,96
	Total	339,56	100,00
Amplitude altimétrica	Estável	31,82	9,37
	Moderadamente Estável	46,40	13,67
	Medianamente Estável Vulnerável	129,56	38,15
	Moderadamente Vulnerável	131,78	38,81
	Total	339,56	100,00
Declividade	Estável	164,63	48,49
	Moderadamente Estável	169,63	49,95
	Medianamente Estável Vulnerável	5,30	1,56
	Total	339,56	100,00

A ‘carta de amplitude altimétrica’, Figura 6.4, representa a diferença entre os pontos mais altos e mais baixos na bacia e, de certa forma, representa o aprofundamento da drenagem que promove a dissecação vertical do relevo. Nesta carta verifica-se que na área predominam graus intermediários a elevado de vulnerabilidade e são poucas as áreas de estabilidade.

Na Tabela 6.1 observa-se que as classes de vulnerabilidade Medianamente Estável /Vulnerável e Moderadamente Vulnerável juntas ocupam 76,96 % ou 261,34 km² da bacia e, também juntas, as classes de vulnerabilidade ‘Moderadamente Estável’ a ‘Estável’ ocupam apenas 23,04 % ou 78,22 km².

A amplitude do relevo está relacionada ao encaixamento dos vales. Quanto maior a amplitude, maiores são as possibilidades de erosão, pois é maior a energia cinética aplicada às vertentes e, conseqüentemente, maior é a capacidade de deslocamento de material, principalmente se associada a elevadas declividades e dissecação (CHRISTOFOLETTI, 1974 e CREPANI et al. 1996a).

A carta de vulnerabilidade para o tema declividade (Figura 6.5) foi confeccionada a partir do modelo digital do terreno. Nela estão demonstrados o amplo predomínio de áreas estáveis em relação a declividade. A declividade representa a inclinação do relevo em relação ao horizonte; é uma variável importante para avaliar o risco de erosão, à adequação de áreas para a

agricultura e para avaliar a possibilidade de uso de mecanização. Quanto maior o valor da porcentagem, maior o ângulo de inclinação do terreno.

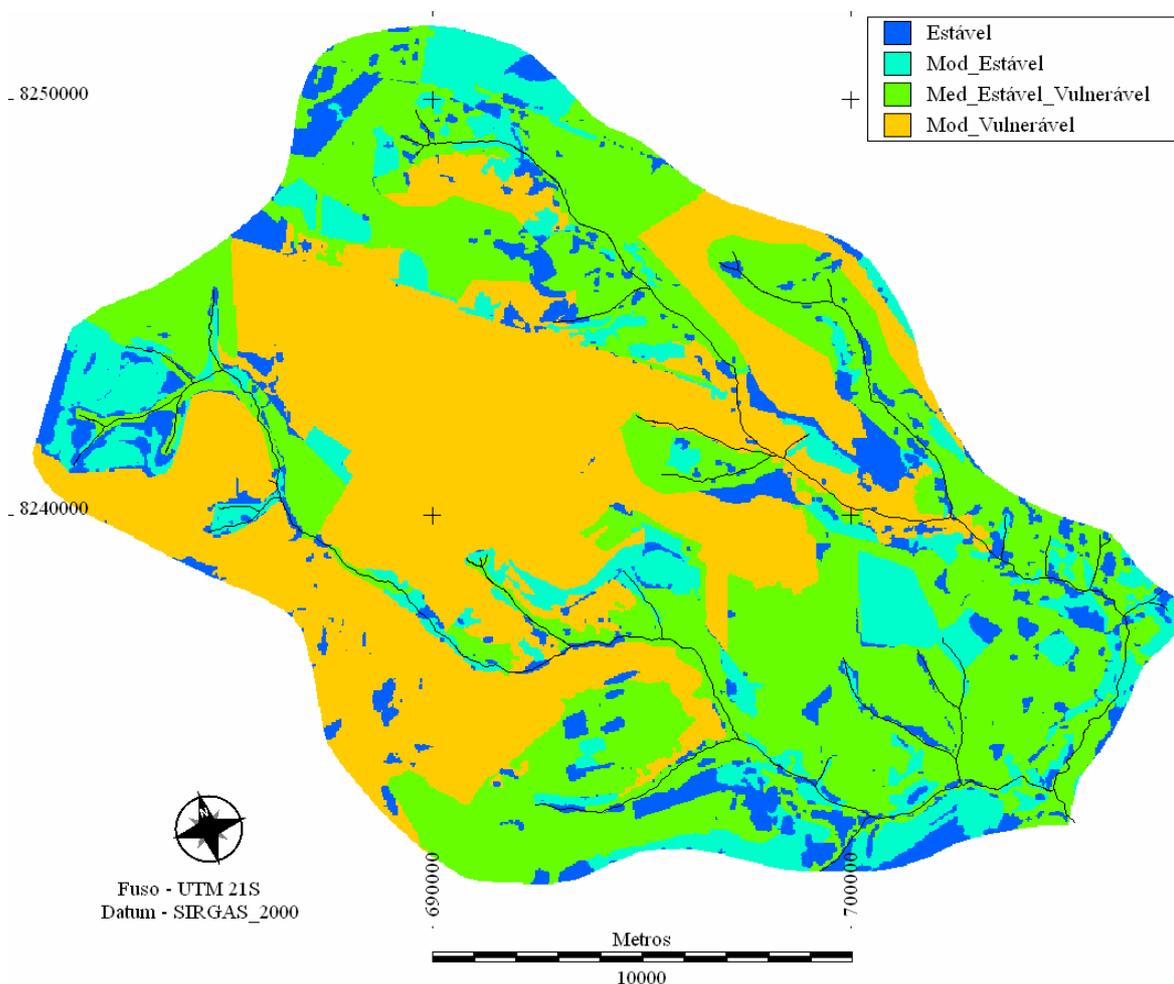


Figura 6.4 - Carta de Vulnerabilidade para o tema Amplitude Altimétrica do Relevo.

Conforme consta na Tabela 6.1, em 98,44 % ou em 334,26 km² da área total da bacia predomina (agrupados) grau de vulnerabilidade de ‘Moderadamente Estável’ a ‘Estável’. São graus de declividade com baixa capacidade de transformar a energia potencial das águas que escoam em energia cinética, que é responsável por imprimir maior velocidade nos movimentos de água e ampliar a capacidade de transporte responsável pela erosão que modela o relevo.

Nos locais de declive mais acentuado, a classe ‘Medianamente Estável / Vulnerável’ cobre apenas 1,56 % da bacia. O equivalente a 5,30 km² de sua área total. Estas áreas têm suas ocorrências em pequenas manchas nas imediações dos córregos Amaral e Brilhante, principalmente nas proximidades da junção desses dois córregos.

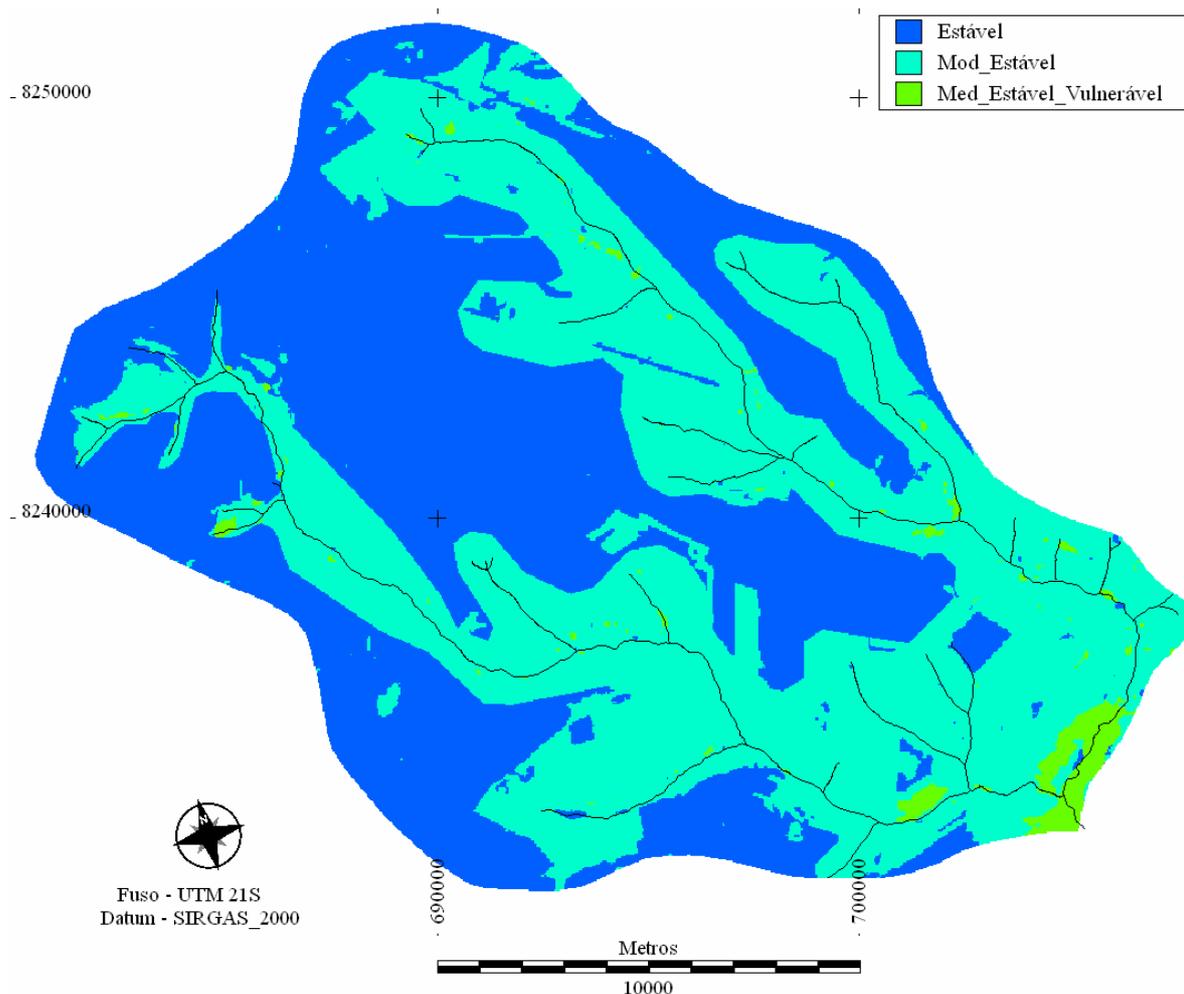


Figura 6.5 - Carta de Vulnerabilidade para o tema Declividade.

A ‘carta de vulnerabilidade para o tema Geomorfologia’, Figura 6.6, foi obtida pela aplicação da equação 6.2 aos modelos numéricos referentes a vulnerabilidade dos temas relativos a morfometria, dimensão interfluvial média, amplitude altimétrica e declividade.

A observação desta carta permite verificar o predomínio de classe de vulnerabilidade ‘Moderadamente Estável’ e ‘Estável’. Nos locais estáveis, espera-se que ocorram relevos ‘planos’ a ‘suavemente ondulados’ em formas de topos planos e tabulares levemente convexizados e, nos ‘Moderadamente Estável’ ocorrem formas ligeiramente convexas.

Nas áreas com grau ‘Medianamente Estável / Vulnerável’ ocorrem relevos ondulados dissecados em colinas. A classe Moderadamente Vulnerável está restrita a alguns pontos próximos ao leito dos rios com relevos fortemente ondulados em forma de patamares escalonados e em topos tabulares e convexas

Na Tabela 6.2, estão os dados referentes à área em km² e percentual ocupado por grau de vulnerabilidade para o tema geomorfologia. Nesta tabela verifica-se que as classes

‘Estável’ e ‘Moderadamente Estável’ ocupam juntas 95,76 % ou 325,16 km². A classe ‘Medianamente Estável / Vulnerável’ ocupa 4,05 % em 13,75 km². A classe Moderadamente Vulnerável ocupa uma área inferior a 1 km² e em percentual também é inferior à 1%.

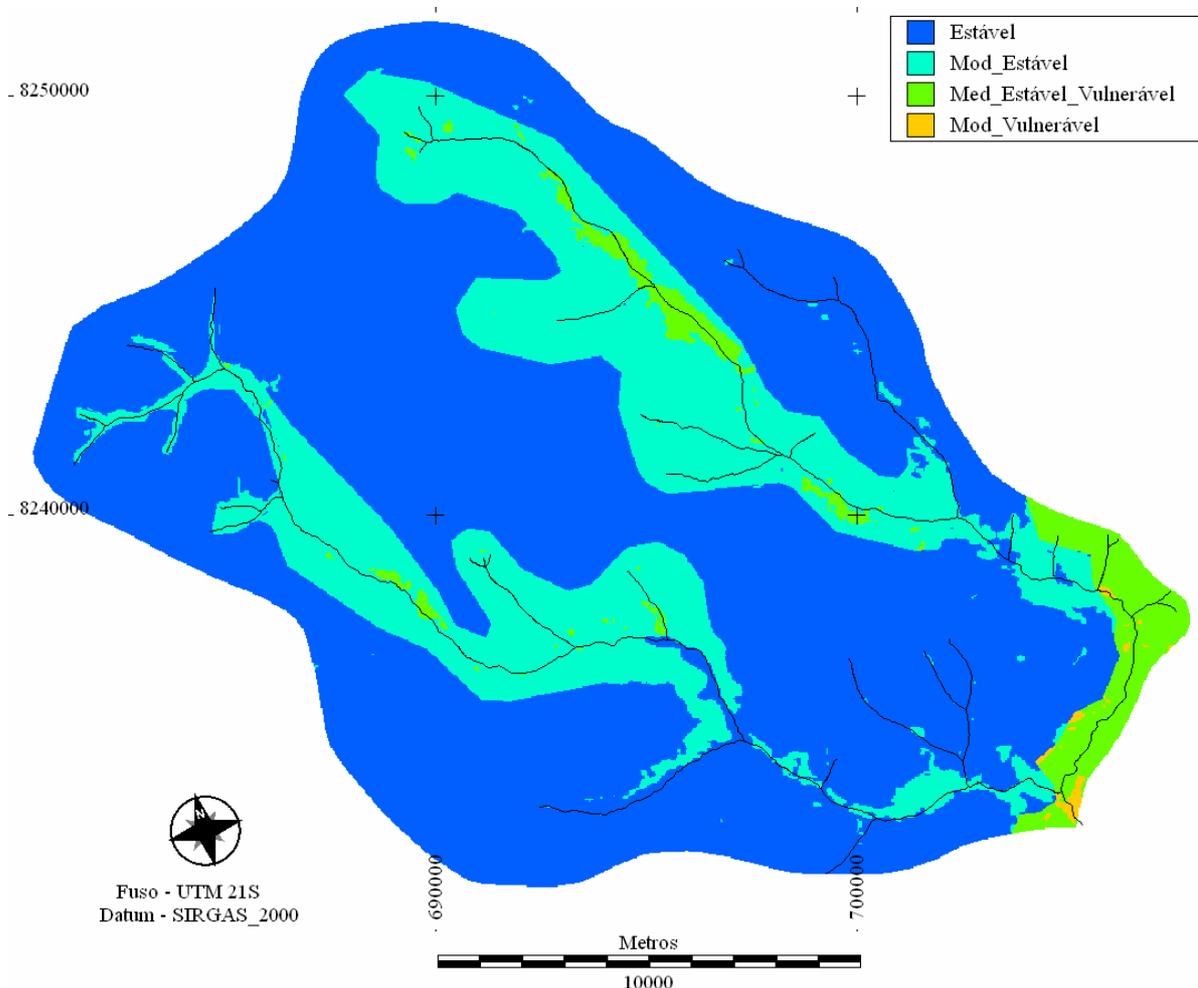


Figura 6.6 - Carta de Vulnerabilidade para o tema Geomorfologia.

A carta de unidades geológicas da região foi obtido através de adaptação do mapa geológico de Gonçalves e Schneider (1970). Segundo Crepani et al. (2001), a Geologia participa da análise e definição morfodinâmica com as informações relativas a intensidade da ligação entre os minerais ou partículas que as constituem, ou seja, o grau/intensidade de coesão das rochas.

Em relação à Geologia na Figura 6.7, pode-se verificar que há um amplo predomínio de áreas com elevado grau de vulnerabilidade (Classe Vulnerável). A litologia desses locais é composta de sedimentos inconsolidados areno-argilosos da Formação Cachoeirinha. Estes são materiais que apresentam baixa coesão entre suas partículas e são muito susceptíveis ao transporte, pois é a coesão entre partículas que favorece ou dificulta a destruição e o modelado do relevo (Glipitogênese).

Tabela 6.2 - Área ocupada em km² e participação em porcentagem(%) por classe de vulnerabilidade dos temas Geomorfologia, Geologia, Solos e Vegetação e Uso do solo.

Tema	Grau de Vulnerabilidade	Área (km²)	Área (%)
Geomorfologia	Estável	239,43	70,51
	Mod_Estável	85,73	25,25
	Med_Estável / Vulnerável	13,75	4,05
	Mod_Vulnerável	0,65	0,19
	Total	339,56	100,00
Geologia	Med_Estável_Vulnerável	0,07	0,02
	Mod_Vulnerável	55,76	16,42
	Vulnerável	283,73	83,56
	Total	339,56	100,00
Solos	Estável	156,87	46,20
	Mod_Estável	57,51	16,93
	Med_Estável_Vulnerável	18,72	5,51
	Mod_Vulnerável	37,27	10,98
	Vulnerável	69,19	20,38
	Total	339,56	100,00
Vegetação e Uso do solo	Mod_Estável	23,58	6,95
	Med_Estável_Vulnerável	1,13	0,33
	Mod_Vulnerável	32,97	9,71
	Vulnerável	281,88	83,01
	Total	339,56	100,00

As áreas de Moderada Vulnerabilidade em relação à geologia têm ocorrência ao longo dos canais fluviais e apresentam material geológico de baixa coesão, constituído por conglomerado basal, arenitos e siltitos.

Áreas com vulnerabilidade ‘Medianamente Estável / Vulnerável’ têm sua ocorrência limitada a uma pequena mancha situada na divisa da bacia a leste da confluência dos córregos Amaral e Brilhante. Estas duas classes ocorrem nos locais correspondentes às Formações Furnas e à Formação Ponta Grossa, respectivamente.

A Tabela 6.2 apresenta as informações relativas à distribuição espacial da escala de vulnerabilidade do tema geologia sobre a área de estudo e nela verifica-se que 0,07 km² são áreas ‘Medianamente Estável / Vulnerável’, 55,76 km² são ‘Moderadamente Vulnerável’ e 283,73 km² são ‘Vulneráveis’. Em termos de percentuais cada classe ocupa respectivamente 0,02 %, 16,42 % e 83,56%.

A ‘carta de vulnerabilidade dos solos’ Figura 6.8, mostra a ocorrência de todas as classes de vulnerabilidade para este tema na BHTAM, entretanto, percebe-se que há o predomínio

de áreas de estabilidade onde prevalecem processos de pedogênese representados pelas classes ‘Estável’ e ‘Moderadamente Estável’.

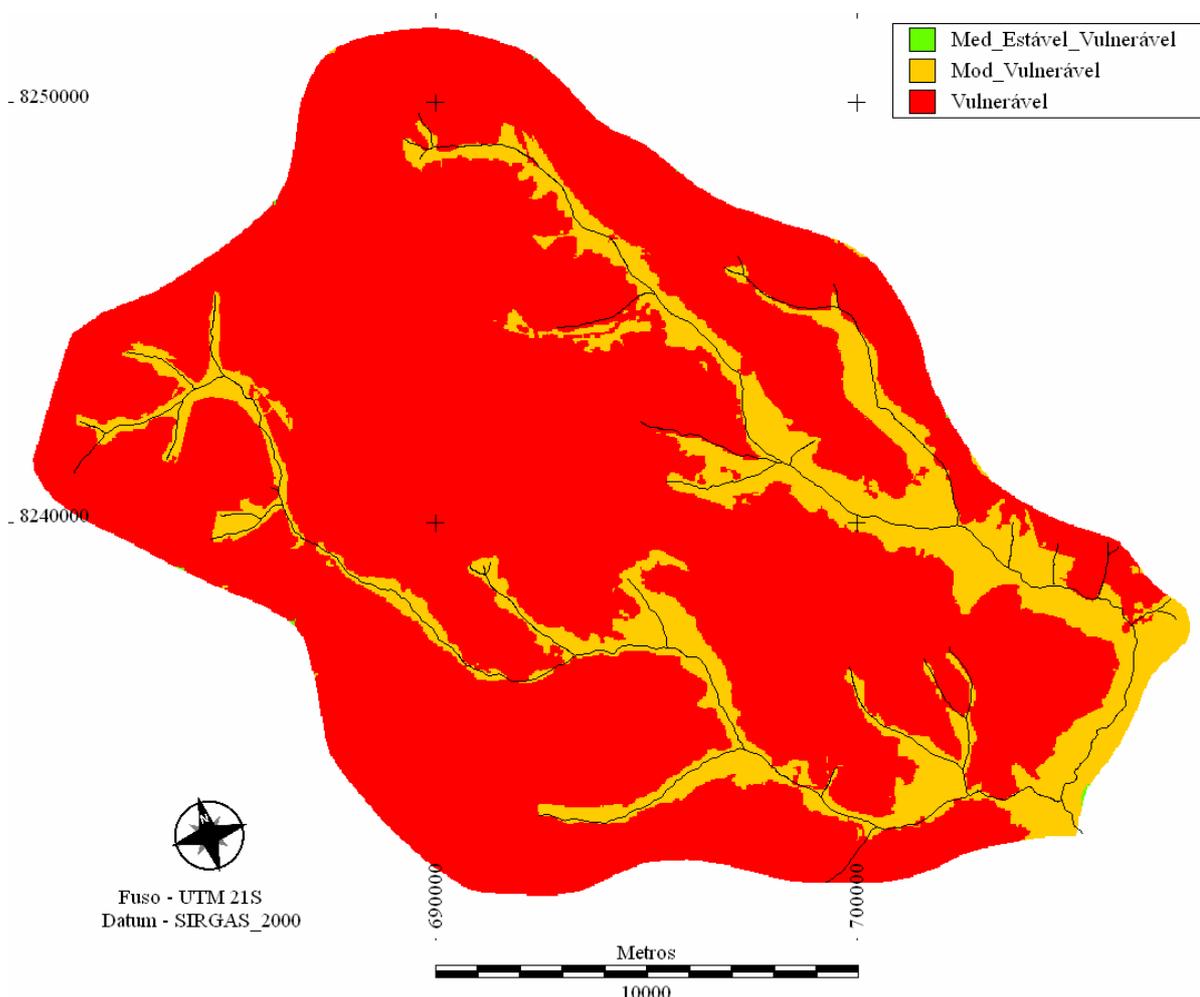


Figura 6.7 - Carta de Vulnerabilidade para o tema Geologia

As áreas identificadas com ‘Moderada Vulnerabilidade’ a ‘Vulnerável’ ocorrem numa faixa ao longo do leito dos drenos principais da bacia, são áreas de ocorrência de NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS. Segundo Crepani et al. (1996b) a característica principal para avaliar a vulnerabilidade dos solos é o seu grau de desenvolvimento ou maturidade, produto direto do balanço morfogênese/pedogênese.

As classes de ‘Vulnerabilidade Estável’ e ‘Moderadamente Estável’ representam solos maduros e bem desenvolvidos como constam na Tabela 6.2, juntas ocupam 63,13 % ou 214,38 km² do total da bacia. Por toda esta área verifica-se que predominam os LATOSSOLOS, enquanto as classes ‘Vulnerável’, ‘Moderadamente Vulnerável’, composta por solos jovens, cobrem respectivamente 20,38% e 10,98 %. Em relação à área coberta em km² por essas classes, verifica-se que as mesmas ocorrem em 69,19 km² e 37,27 km², respectivamente.

As áreas identificadas com escala de vulnerabilidade Medianamente Estável / Vulnerável distribuem-se por 5,51 % ou 18,72 km² da área total da bacia.

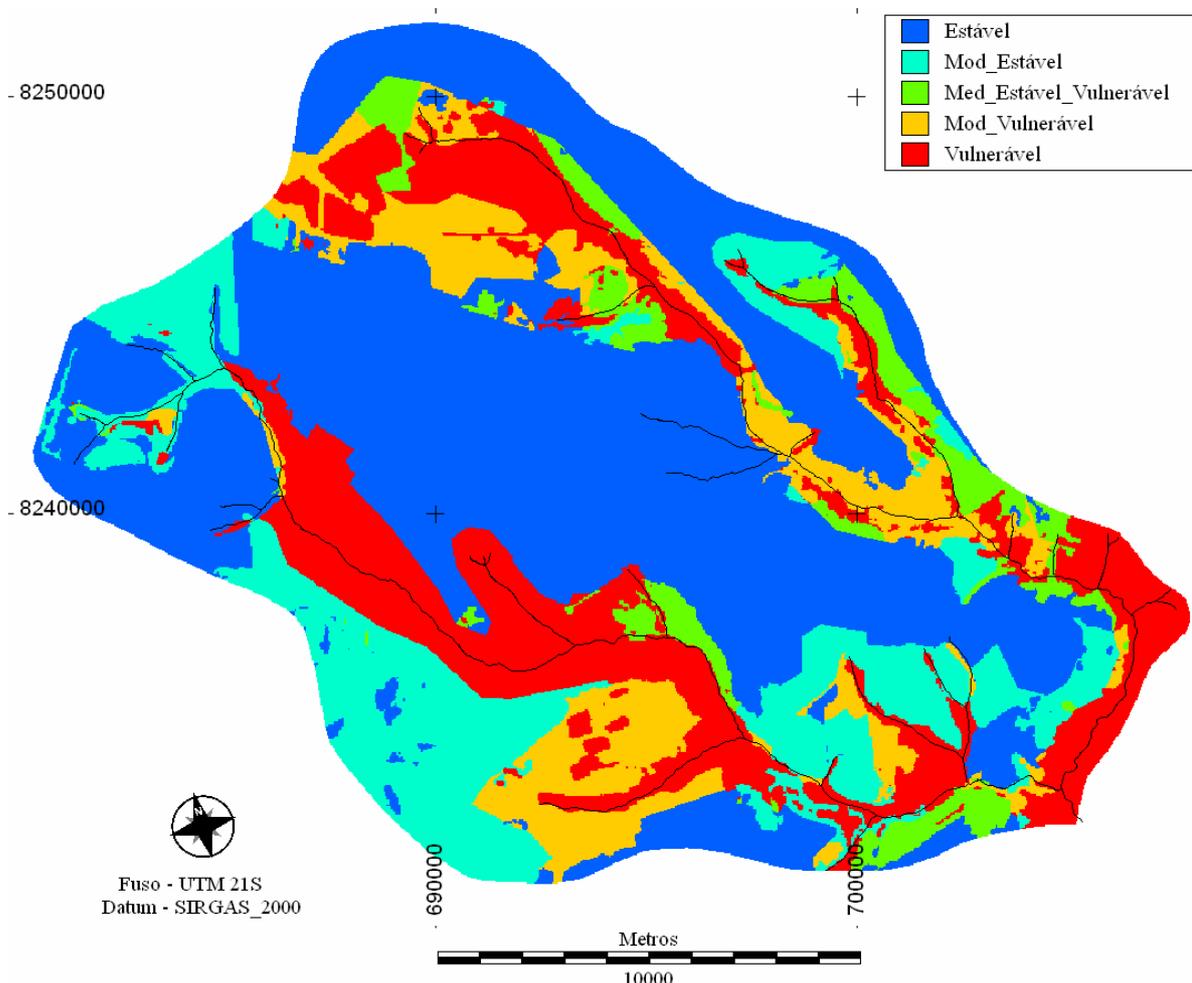


Figura 6.8 - Carta de Vulnerabilidade para o tema Solos.

A intensa da atividade antrópica realizada na BHTAM fica comprovada na carta de vulnerabilidade referente ao tema vegetação e uso do solo (Figura 6.9).

Na confecção desta carta o principal parâmetro para a avaliação da vulnerabilidade é a densidade da cobertura vegetal que proporciona diferentes níveis de proteção em função da quantidade e qualidade da fitomassa.

As áreas classificadas como ‘Vulneráveis’ são aquelas onde os solos são explorados pelos cultivos agrícolas ou pela pecuária com a utilização de espécies vegetais que oferecem pouca proteção aos solos frente à ação das águas fluviais se comparadas a proteção proporcionada pela vegetação natural.

Conforme constam na Tabela 6.2, as áreas Vulneráveis atualmente usadas, principalmente por cultivos de soja, cana, algodão e pastagens, ocupam 83,01 % no interior da bacia, totalizando 281,88 km².

As áreas onde a cobertura vegetal natural foi mantida estão restritas às margens dos córregos Amaral e Brilhante. São formações vegetais compostas por Floresta Estacional Semidecidual ou diferentes fisionomias de Cerrado.

As áreas classificadas de ‘Medianamente Estável / Vulnerável’ e ‘Moderadamente Estável’ correspondem aos locais onde predomina vegetação do tipo Floresta.

Naquelas áreas com grau ‘Moderadamente Vulnerável’, a vegetação predominante corresponde a alguma variação de Cerrado ou Savana. Em termos quantitativos as áreas classificadas nesta classe de vulnerabilidade ocupam 32,97 km² ou 9,71% da BHTAM, enquanto os locais com escala de vulnerabilidade ‘Medianamente Estável / Vulnerável’ e ‘Moderadamente Estável’ cobrem 1,13 km² ou 0,33% e 23,58 km² ou 6,95%, respectivamente (Tabela 6.2).

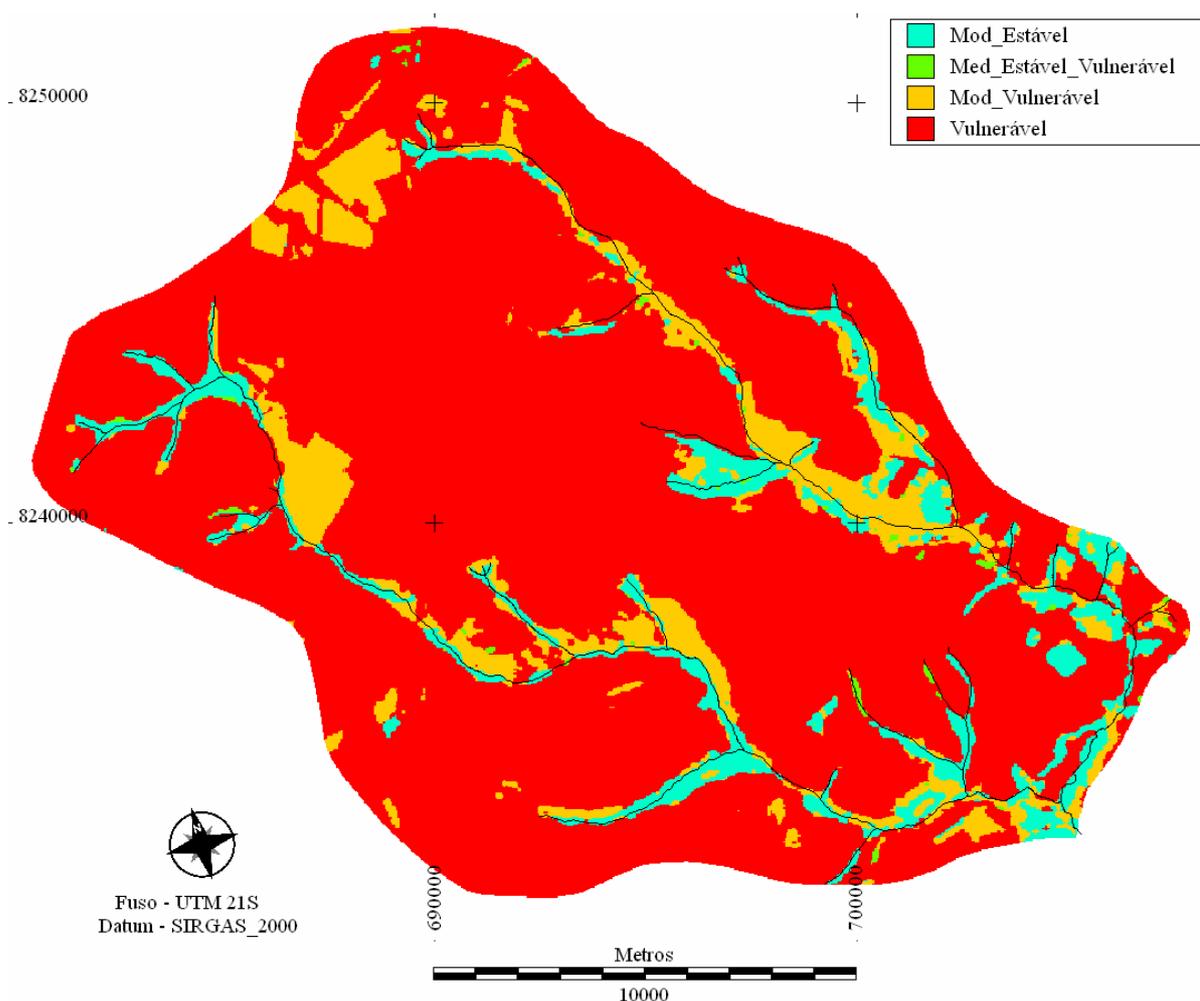


Figura 6.9 - Vulnerabilidade para o Tema Vegetação e Uso do solo.

Em razão do método usado, das dimensões da área de estudo e do comportamento das chuvas do local, a intensidade pluviométrica apresentou apenas uma classe ‘Medianamente Estável / Vulnerável’. O valor de intensidade pluviométrica calculado corresponde a 250 mm.mês¹, com grau de vulnerabilidade de 1,8. A adoção de tal metodologia e fatores/dados justifica-se no fato de se esperar que a erosividade provocada pelas chuvas seja diretamente dependente do fator intensidade pluviométrica e, que, quanto mais elevado são estes valores, maiores são as perdas de solos esperadas.

Na ‘carta de vulnerabilidade às perdas de solos ou à erosão’, Figura 6.10, observa-se que a classe ‘Moderadamente Estável’ tem pouca abrangência na bacia, a classe ‘Medianamente Estável Vulnerável’ apresenta amplo domínio territorial sobre a bacia. Esta classe representa valores de vulnerabilidade entre 1,8 a 2,2.

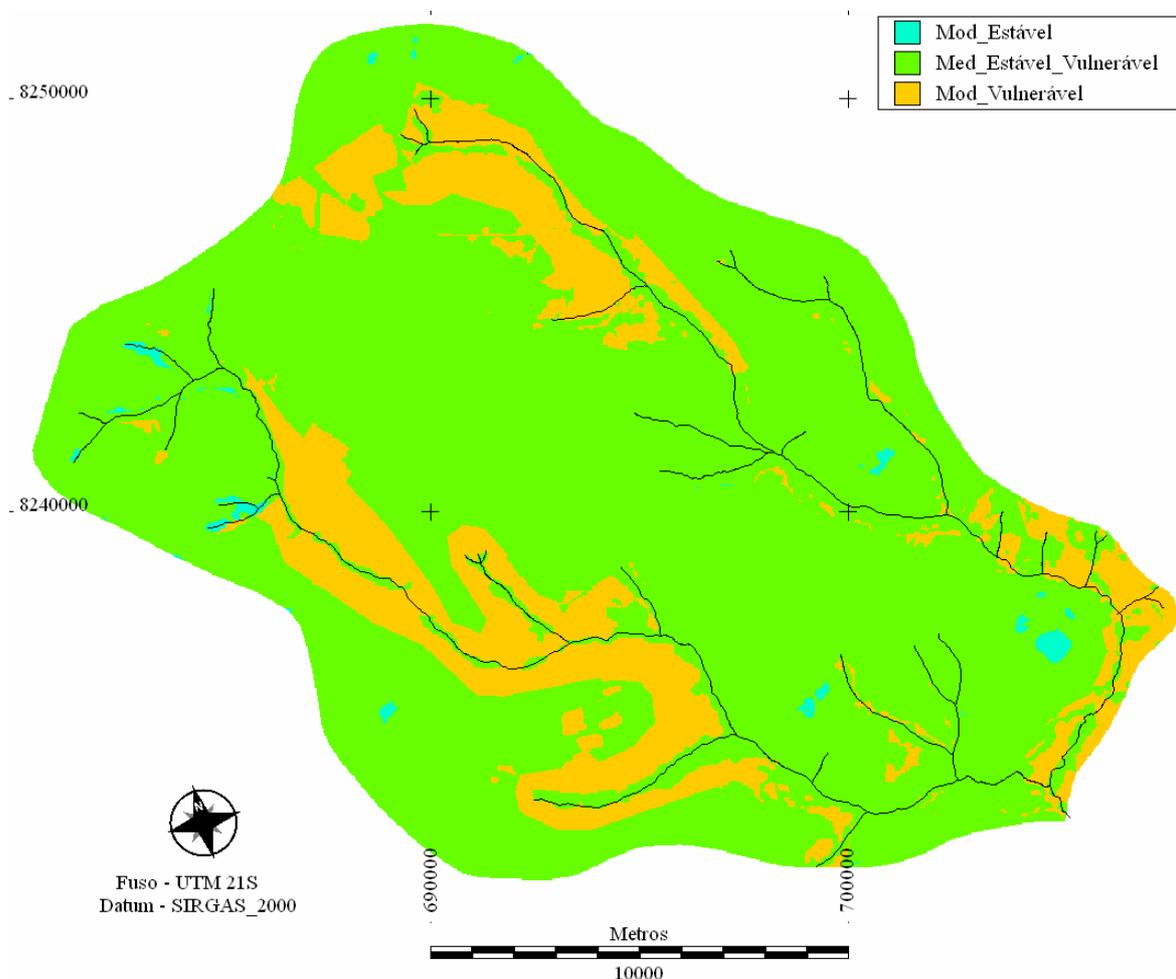


Figura 6.10 – Carta de Vulnerabilidade à perda de solos da BHTAM.

A análise desta carta leva a crer que a ocorrência e abrangência dos fenômenos de vulnerabilidade às perdas de solo estão mais associadas às várias formas de uso antrópico. Já nas áreas de ‘Moderada Vulnerabilidade’ pode ser que ocorra em função da associação entre uso

antrópico e a fragilidade natural apresentada por um ou mais componentes do meio físico. As pequenas manchas que representam áreas de ‘Moderada Estabilidade’ estão distribuídas de forma esparsas pela bacia e somadas entre si ocupam 2,16 km² ou 0,63 % da área total da BHTAM, conforme consta na Tabela 6.3.

Os dados da Tabela 6.3 confirmam que a ‘classe Moderada Vulnerabilidade’ distribui-se em 17,90 % da área em 60,77 km² da bacia hidrográfica e a classe de maior ocorrência - ‘Medianamente Estável / Vulnerável’ - ocupa 276,63 km², o equivalente em porcentagem a 81,47 %.

Tabela 6.3 - Área ocupada em km² e participação em porcentagem (%) por classe de vulnerabilidade a erosão.

Grau de Vulnerabilidade	Área (km²)	Área (%)
Mod_Estável	2,16	0,63
Med_Estável_Vulnerável	276,63	81,47
Mod_Vulnerável	60,77	17,90
Total	339,56	100,00

6.4 – CONCLUSÃO

A integração dos componentes geomorfologia, geologia, pedologia, vegetação, uso antrópico e intensidade pluviométrica permitiram por meio do SIG IDRISI[®] determinar o grau de vulnerabilidade à erosão dos solos da BHTAM.

Predomina na BHTAM áreas com o grau de vulnerabilidade ‘Medianamente Estável / Vulnerável’ e ocupam 81,47% da área total da bacia, este resultado se constitui num indicativo de equilíbrio da ocorrência entre os processos de morfogênese e pedogênese.

63,13% dos solos da bacia são Estáveis e Moderadamente Estáveis aos processos erosivos.

O grau de vulnerabilidade na BHTAM é parcialmente atenuado pela ocorrência de Latossolos e pelas formas de relevo em topos planos e colinas uma vez que esses são mais estáveis frente aos processos erosivos.

Em maior parte da bacia predominam, para os temas geologia e uso antrópico, áreas fortemente instáveis diante dos processos erosivos.

Nas áreas onde as condições naturais, como altas declividades, solo vulneráveis, sem cobertura vegetal e ausência de práticas agrícolas adequadas, os processos erosivos podem evoluir para a formação de voçorocas.

6.5 – REFERÊNCIAS

BECKER, B. K.; EGLER, C. A. G. **Detalhamento da Metodologia para Execução do Zoneamento Ecológico-Econômico pelos Estados da Amazônia Legal**. Brasília. SAE-Secretaria de Assuntos Estratégicos/ MMA-Ministério do Meio Ambiente. 1996. Disponível em: <http://www.laget.igeo.ufrj.br/egler/pdf/Metodo_ZEE.pdf>; acesso em 25/03/2007.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. **Geoprocessamento para Projetos Ambientais**. São José dos Campos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 1996, 36p. [CD-ROM].

CAMARGO, M.N.; KLAMT, E. & KAUFFMAN. J.H. Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil, **Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas. 12 (1): 11-33. 1987.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1974. 149p.

CREPANI, Edison; MEDEIROS, José Simeão de; AZEVEDO, Luiz Guimarães de; HERNANDEZ FILHO, Pedro; FLORENZANO, Teresa Gallotti; DUARTE, Valdete. **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico**. São José dos Campos: INPE, 1996a. 24 p. Metodologia desenvolvida para subsidiar o Zoneamento Ecológico-Econômico e capacitar os técnicos dos Estados da Amazonia Legal (Convenio SAE/INPE). (INPE-6145-PUD/82). Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/rep-/sid.inpe.br/sergio/2004/05.13.15.34>>. Acesso em: 28 jan. 2005.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicado ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos. SAE/INPE. 2001. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/dsr/simeao/Publicacoes/SERGISZEE3.pdf>>; Acesso em: 15/09/2006.

CREPANI, E; MEDEIROS, J. S. de; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; AZEVEDO, L. Uso de sensoriamento remoto no zoneamento ecológico-econômico. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., Salvador. 1996b. v. **Comunicações**, p. 129-136. 14-19 abr., Salvador, [CD-ROM]. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/rep-/sid.inpe.br/deise/1999/02.04.10.54>>. Acesso em: 28 abr. 2007.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solo (Rio de Janeiro, RJ). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, 1999, 412p.

GOMES, A. R. **Avaliação da vulnerabilidade à perda de solo em região semi-árida utilizando sensoriamento remoto e geoprocessamento - área piloto de Parnamirim (PE)**. 2000-09-27. 163 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2000. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/rep-/sid.inpe.br/iris@1913/2005/04.14.17.01>>. Acesso em: 30 janeiro 2007.

GONÇALVES, A. SCHINEIDER, R. L. **Geologia do Centro Leste de Mato Grosso**, Ponta Grossa. PETROBRÁSDESUL, 1970, 43p (Relatório Técnico Interno, 394).

MEIRELLES, M. S. P. ; BECKER, B. ; EGLER, C. ; SANTOS, U. P. dos; MIRANDA, M. ; BRAGANCA, P. C. O. E. . **Metodologia para Elaboração do Zoneamento Ecológico-Econômico em Áreas com Grande Influência Antrópica**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. Copyright 1999, (CD Rom).

PALMEIRA, A.F. **Técnica de sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicadas à gestão do território do município de paragominas (Estado do Pará)**. 2004-02-03. 270 f. (INPE-12910-TDI/1012). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2004. Disponível em: <<http://MTC-m13.sid.inpe.br/rep-/sid.inpe.br/jeferson/2004/04.02.16.08>>. Acesso em: 10 janeiro de 2007.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia**: ambiente e planejamento. SP: Contexto, 2001.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia aplicada aos EIAs - RIMAs. In: **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

SOUSA, C. J. da S. de. **Carta de vulnerabilidade a erosão como subsídio ao zoneamento ecológico-econômico em área intensamente antropizada**. 1998-12. 172 f. (INPE-7030-TDI/662). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1998. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/rep/sid.inpe.br/deise/1999/04.27.16.03>>. Acesso em: 30 maio 2006.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/ SUPREN, 1977.

VASCONCELOS, T.N.N. **Interpretação morfológica da bacia do rio Tenente Amaral, Jaciara-MT: Condição básica para sua caracterização ambiental**. 1998. 160 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - IB-UFMT. Cuiabá. 1998.

VASCONCELOS, T.N.N.; Barros, L.T.L.P.; Monteiro, J.R.B. **Estudo Integrado da Bacia do rio Tenente Amaral uma Proposta de Zoneamento Ambiental**. Governo do Estado de Mato Grosso, Fundação Estadual de Meio Ambiente – FEMA – PRODEAGRO – BIRD – Cuiabá-MT. 1999.

CAPÍTULO 7 - ANÁLISE E ESPACIALIZAÇÃO DAS PERDAS MÉDIAS DE SOLO POR EROSÃO HÍDRICA LAMINAR E DE APORTE DE SEDIMENTOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TENENTE AMARAL EM JACIARA – MATO GROSSO, BRASIL.

7.1 – INTRODUÇÃO

O sistema de produção agrosilvopastoril adotado nas frentes de ocupação de novas áreas agrícolas provocou a retirada da cobertura vegetal e a queimada, estas práticas causaram e vêm causando ainda danos irreversíveis ao meio ambiente, principalmente, à perda da biodiversidade e à erosão dos solos em vastas áreas cobertas pela vegetação de Cerrado.

A transformação de grandes áreas de Cerrado em áreas cultiváveis causou consideráveis problemas de erosão na região Centro-Oeste do Brasil. Voçorocas e erosão laminar nas plantações de soja e pastagens, bem como, a deposição dos rejeitos da mineração de diamantes levaram a um aumento da carga sólida nos córregos e rios (WANTZEN, 1997).

Em Mato Grosso, nos últimos anos, as regiões atingidas por erosão vêm aumentando. As principais causas da erosão e das perdas de solos férteis têm sido a exploração e o uso deste solo de forma inadequada. Conforme Galdino; Marques; Soriano (2003) a erosão é um processo natural que ocorre mesmo nos ecossistemas em equilíbrio, porém a atividade humana aumenta a incidência e intensidade, acelerando a erosão.

Diversos fatores atuam conjuntamente no desencadeamento dos processos erosivos com destaque para as características do solo, o embasamento geológico, o clima, a topografia, a cobertura vegetal e as atividades humanas.

Atualmente a exploração intensiva dos solos das áreas situadas nas bordas do Pantanal apresentam elevadas taxas de perdas de solos por erosão laminar, provocando a queda da fertilidade desses solos, diminuição do rendimento agrícola, poluição e assoreamento dos cursos d'água e conseqüentemente a diminuição da renda das populações que sobrevivem das atividades desenvolvidas no meio rural.

Segundo Galdino e Pellegrin. (2003), na bacia do Rio Taquari, um dos principais formadores do Pantanal, o assoreamento causou a inundação de uma vasta área localizada na planície do seu baixo curso e esta inundação trouxe conseqüências ao ecossistema que a faz ser considerada como o mais grave impacto ambiental e socioeconômico ocorrido no Pantanal.

A bacia hidrográfica do Rio Tenente Amaral (BHTAM), escolhida para este estudo, está situada no setor norte do Pantanal mato-grossense, no município de Jaciara-MT. Possui solos classificados como arenosos com uma série de limitações, entre as quais, alta suscetibilidade a erosão.

A existência desses tipos de solos e a elevada intensidade das chuvas e o manejo incorreto intensificam os processos de erosão hídrica laminar nesta bacia e produz uma carga elevada de sedimentos que são transportados em direção aos principais rios do pantanal.

As camadas superficiais do solo retiradas pela água das chuvas que escoam podem ser quantificadas aplicando a Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS) e podem ser espacializadas com o uso de um sistema de informação geográfica (SIG). Os dados daí obtidos permitem identificar as áreas críticas onde ocorrem erosão e as áreas que podem vir a apresentar perdas de solos e, desta forma, intervir para evitar a continuidade deste processo.

A EUPS (Equação Universal de Perdas de Solos), proposta por Wischmeier e Smith (1978), trata-se de um modelo paramétrico e, segundo Bueno e Stein (2004), é mundialmente usada na predição da média anual de perdas de solos por erosão laminar. Mesmo que a EUPS apresente limitações científicas, em função de sua relativa simplicidade, esse modelo tem sido largamente utilizado, principalmente no caso do Brasil, onde a base de dados e informações cartográficas é normalmente escassa (SILVA et al., 2003). Desta forma a aplicação da EUPS pode auxiliar na identificação de áreas com menor e maior suscetibilidade à erosão e à compreensão dos mecanismos erosivos, bem como, suas causas e efeitos.

A EUPS é uma fórmula empírica composta pelos fatores: erosividade das chuvas (R); erodibilidade dos solos (K); comprimento de rampa (L); declividade (S); uso e manejo (C) e práticas conservacionistas (P). Na sua aplicação são considerados fatores naturais e antrópicos, porém, a EUPS pode ser aplicada considerando apenas os fatores naturais, ou seja, erosividade, erodibilidade, comprimento de rampas e declividade, permitindo desta forma obter para o local o seu Potencial Natural à Erosão (PNE).

Portanto a EUPS é utilizada como modelo para estimar as perdas de solo, tanto naturais como aquelas causadas pela ação humana e fornecer informações para o planejamento e o manejo de microbacias hidrográficas. Porém, verificou-se que este modelo necessita para a determinação do aporte de sedimentos de fórmulas complementares para estimar valores de solos perdidos por erosão e a contribuição de uma determinada área na carga de sedimentos da rede de drenagem.

A EUPS foi concebida para a predição da média anual de perdas de solos causada por erosão laminar. Como ela não serve para estimar as perdas ocorridas em um determinado evento pluviométrico, Willians (1975), apresentou a Equação Universal de Perdas de Solos Modificada (MEUPS). Esta pode prever o aporte de sedimentos em Bacias Hidrográficas em um dado evento de chuva.

A MEUPS ou MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation) utiliza os mesmos fatores da EUPS, com exceção do fator R (erosividade da chuva) que deve ser substituído por fatores hidrológicos representativos da bacia (SILVA et al. 2003). Os tais fatores hidrológicos usados que substituem o fator 'erosividade' são: o volume de escoamento superficial e vazão de pico. Estes constituem-se em dados raramente medidos, dificultando portanto a sua aplicação em estudos, sendo necessário muitas vezes estima-los.

O presente estudo objetiva estimar e mapear os fatores da EUPS e MUSLE, o potencial natural de erosão, as perdas médias de solo por erosão laminar e estimar o aporte de sedimentos na bacia hidrográfica do rio Tenente Amaral, em Jaciara Mato Grosso, Brasil, utilizando-se de um sistema de informação geográfica (SIG).

7.2 – METODOLOGIA

As perdas médias de solo foram determinadas aplicando a Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS) e os seus termos foram obtidos conforme seqüência do Quadro 7.1.

A EUPS é mundialmente reconhecida para estudo da erosão laminar, correspondendo à equação 7.1 desenvolvida por Wischmeier e Smith (1978):

$$A = R K L S C P \quad (7.1)$$

Onde:

A = perdas de solo por unidade de área ($t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$);

R = erosividade da chuva ($MJ \cdot mm \cdot ha^{-1} \cdot h^{-1} \cdot ano^{-1}$);

K = erodibilidade do solo ($t \cdot ha \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$);

L = comprimento de rampa (metros);

S = declividade (%);

C = uso e manejo (adimensional) e;

P = práticas conservacionistas (adimensional).

O potencial natural de erosão (PNE) é, conforme Marcomin (2002), dado pela equação 7.2. O PNE seriam as perdas de solos que casualmente poderiam ocorrer em áreas teoricamente intactas quanto à ação humana e desprovida de cobertura vegetal:

Quadro 7.1 - Seqüência de obtenção dos dados para aplicação da EUPS. (Adaptado de Araújo, 2006).

Clima	Solos	Topografia	Sensoriamento Remoto
Calculos, Pesquisas e Interpolações	Calculos, Pesquisas	Declividade e Comprimento de Rampas	Processamento, Interpretações, pesquisa Bibliográfica e Levantamentos de Campo
Erosividade (Fator R)	Erodibilidade (Fator K)	Fator Topográfico (LS)	Mapa de Uso do solo
Potencial Natuaral a Erosão			Fator CP
Estimativas de Perdas Médias de Solos			

$$PNE = RKLS \quad (7.2)$$

onde:

PNE = potencial natural de erosão ($t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$)

R = fator erosividade da chuva ($MJ \cdot mm \cdot ha^{-1} \cdot h^{-1} \cdot ano^{-1}$)

K = fator erodibilidade do solo ($t \cdot h \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$)

LS = fator topográfico (adimensional).

O modelo MEUPS é aplicável a eventos isolados de precipitação e fornece valores de aporte de sedimentos que variam em função dos fatores: precipitação, volume de escoamento gerado e pelo tempo de pico e pelos fatores da EUPS, menos erosividade. Conforme Machado (2002), o aporte de sedimentos (Y) após um evento de chuva pode ser determinado pela equação 7.3:

$$Y = 11,8 (Q q_p \text{ área})^{0,56} K L S C P \quad (7.3)$$

Onde:

Y = Produção de sedimentos após evento chuvoso (t);

Q = volume de escoamento superficial (mm);

q_p = vazão de pico do escoamento (m^3/s);

área = área unidade de resposta hidrológica, corresponde a área de cada subbacia ou talhão (hectares);

K L S C P = fatores da EUPS.

Para a realização do trabalho em ambiente SIG, foram construídos no IDRISI[®] os Planos de Informações (PIs) referentes aos documentos cartográficos: cartas de solo, vegetação e uso, altimetria e precipitações. Dos dados destes documentos gerou-se os PIs dos fatores da EUPS e da MEUPS. Posteriormente foram multiplicados, obtendo assim as perdas médias de solo e de produção de sedimentos em cada pixel. No entanto, para uma apresentação mais didática, neste trabalho os resultados em alguns planos de informação foram reclassificados conforme critérios adotados pela FAO, PNUMA e UNESCO (1981) citado por BRASIL (1997).

A erosividade, o qual representa a capacidade da chuva de causar erosão em uma área sem proteção, foi determinada segundo a equação 7.4, apresentada em Bertoni e Lombardi Neto (2005), os resultados, por sua vez, foram espacializados na BHTAM usando método de mínima curvatura no software Surfer[®] e posteriormente importado para o formato raster do Idrisi[®]. Para apresentação este PI foi fatiado em duas classes que correspondem, segundo Silva et al. (2003), nas categorias de erosividade ‘média a forte’ e ‘erosividade forte’ (ANEXO A5):

$$R = 67,355 (r/P)^{0,85} \quad (7.4)$$

R = Índice de erosividade da chuva;

r = Precipitação média mensal (mm);

P = Precipitação média anual (mm).

A erodibilidade (K) foi gerado a partir da carta de solos. Para tal, associou-se às classes de solos Areias Quartzosas; Plintossolos; Latossolos e Gleis com o valor correspondente a sua taxa de erodibilidade, conforme indicado na Tabela 7.1.

A partir das curvas altimétricas extraídas dos dados SRTM foi obtido o Modelo Digital de Elevação do Terreno ou DEM (ANEXO A1) e, deste obteve-se a declividade da BHTAM em graus e a declividade em porcentagem (ANEXO A 2).

Tabela 7.1 – Fator erodibilidade (K) dos solos da bacia hidrográfica da BHTAM.

Unidade Taxonômica	K (t.h/(MJ mm))
Areia Quartzosa álica NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos	0,047
Areia Quartzosa distrófica NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos	0,047
Areia Quartzosa Hidromófica álica NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Hidromórficos	0,045
Glei Pouco Húmico distrófico GLEISSOLOS HÁPLICOS Distróficos	0,015
Glei Pouco Húmico eutrófico GLEISSOLOS HÁPLICOS Eutróficos	0,010
Solos Orgânicos distróficos ORGANOSSOLOS FÓLICOS Fíbricos	0,010
Latossolo Vermelho-Escuro álico LATOSSOLOS VERMELHOS	0,013
Latossolo Vermelho-Escuro distrófico LATOSSOLOS VERMELHOS Ácricos	0,013
Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos	0,020
Plintossolo álico PLINTOSSOLOS	0,030
Plintossolo distrófico PLINTOSSOLOS ARGILÚVICO Distrófico	0,030

Fonte: Brasil (1997). (As unidades pedológicas descritas em letras maiúsculas referem-se a nomenclatura dada pela classificação da EMBRAPA (1999) e em letras minúsculas referem-se a Classificação de Camargo (1987).

O comprimento de rampa (L) e declividade (S) são obtidos separadamente, mas para aplicação da EUPS são integrados, compondo o chamado fator topográfico (LS), conforme equação 7.5, publicada por Bertoni e Lombardi Neto (2005):

$$LS = 0,00984 L^{0'63} D^{1'18} \quad (7.5)$$

onde:

LS = fator topográfico (adimensional);

L = comprimento da rampa (m);

D = declividade (%).

O comprimento de rampa (L) para a BHTAM obteve-se com a aplicação da metodologia descrita em Rocha et. al. (1997). Essa metodologia requer que sejam extraídas do DEM informações que comporá uma carta do ângulo de orientação das rampas em relação ao norte, dados de declividade média em graus (a) nas rampas e dados da diferença de altitude em metros em cada rampa (DH). Posteriormente essas informações foram aplicadas na equação 7.6. Segundo os propositores da metodologia a carta final apresentará os polígonos com as rampas e seus respectivos valores de pixel representando os comprimentos de rampas.

$$L = DH/\text{sen } a \quad (7.6)$$

onde:

L = comprimento de rampa (m)

DH = diferença de altitude na rampa (m)

a = angulo média da rampa (graus)

Os fatores C e P também podem ser combinados para aplicação da EUPS, constituindo o PI denominado CP. Para obtê-lo é necessário alterar a ‘carta de vegetação, uso e ocupação das terras’ e para isso recorreu-se a tabela 7.2 do fator CP.

Para a determinação do volume de escoamento superficial (Q), informação necessária para estimar a produção de sedimentos, foi usado o método da Curva Número do Soil Conservation Service – SCS. (USDA – SCS, 1972). Este é obtido pela aplicação da equação 7.7:

$$Q = (P - 0,2 S_a)^2 / (P + 0,8 S_a) \quad (7.7)$$

Onde:

Q = volume unitário de escoamento superficial (mm);

P = precipitação do evento (mm)

S_a = fator de abstração, é a diferença potencial máxima entre a precipitação e o escoamento, a partir do início da precipitação.

A precipitação (P) do evento adotada foi de 28 mm, escolhido pela análise da série histórica de precipitações onde foi constatado como o valor que mais se repetiu ao longo dos anos.

Para se obter o valor de S_a em mm foi utilizada a equação 7.8 (USDA – SCS, 1972):

$$S_a = (25400 / CN) - 254 \quad (7.8)$$

Onde:

CN = curva número

Tabela 7.2 – Valores referentes a integração do fatores C e P da EUPS.

Tipo de Uso e Cobertura Vegetal	Fator CP
Áreas de queimada de cana	0,60000
Culturas anuais (Soja, Algodão, Milho, Sorgo e Milheto) e Cana-de-açúcar	0,25000
Pastagens	0,10000
Floresta aluvial, Floresta Estacional e Floresta remanescente	0,00004
Contato floresta estacional / savana	0,00010
Floresta secundária	0,00010
Solo exposto e Voçorocas	1,00000
Mata ciliar	0,00010
Reflorestamento	0,00010
Savana arborizada (cerrado)	0,00070
Savana arborizada com floresta de galeria	0,00070
Savana florestada (cerradão)	0,00030
Savana gramíneo-lenhosa (campos úmidos)	0,05000
Savana gramíneo-lenhosa (campos em afloramentos rochosos)	0,05000
Savana parque	0,01000
Savana parque com floresta de galeria	0,00500

Fonte: BRASIL (1997).

Na ‘carta de vegetação e uso do solo’ a cada polígono referente a um determinado uso é dado um novo valor que corresponda ao valor CN daquele polígono. A curva número ou valor CN varia entre 0 a 100 e é estimada de acordo com o tipo de uso e manejo, permeabilidade e umidade do solo. Quanto maior for o valor CN, maior será o escoamento superficial. No ANEXO C, encontram-se as tabelas indicativas do: potencial de escoamento dos solos (ANEXO C1), umidade antecedente (ANEXO C2) e Valor CN (ANEXO C3). Tais informações são necessárias para obtenção do valor CN e, assim, determinar o fator de abstração (S_a) usado para calcular o escoamento.

A vazão de pico (q_p) indica a força erosiva das chuvas intensas. Esta informação também é usada no cálculo da perda de sedimentos e pode ser estimado através do Método Racional Modificado dado na equação 7.9 (USDA – SCS, 1972):

$$q_p = 0,0021 Q \times A / T_p \quad (7.9)$$

onde:

q_p = vazão de pico do escoamento (m^3/s);

Q = é o volume de escoamento superficial (mm)

A = é área da bacia hidrográfica (ha);

T_p = é o tempo de pico do hidrograma (horas).

O tempo de pico (T_p) conforme indica Araújo Júnior (2003) é estimado pela equação (7.10):

$$T_p = D/2 + \{(L / 3,28)^{0,8} [(S_a+L)^{0,7}]\} / 1900 \sqrt{y} \quad (7.10)$$

onde:

D = tempo de duração da precipitação excedente (hora)

L = comprimento longitudinal da bacia (m)

y = declividade média da bacia (%)

S_a = fator de abstração, é a diferença potencial máxima entre a precipitação e o escoamento, a partir do início da precipitação.

A duração da precipitação, segundo Araújo Júnior (2003) é calculada pela equação 7.11.

$$D = 0,133 \times T_c \quad (7.11)$$

onde:

D - tempo da precipitação excedente (horas);

T_c - tempo de concentração (horas).

O tempo de concentração (T_c) foi estimado pelo método de Kirpich, conforme indicado por Bertoni & Lombardi Neto (2005) e apresentado na equação 7.12:

$$T_c = 0,02 L^{0,77} S^{-0,385} \quad (7.12)$$

onde:

Tc - tempo de concentração (minutos);

L – comprimento máximo do fluxo (metros);

S - declividade média (m por m).

Usando o SIG IDRISI (Eastman, 1997), os fatores da EUPS foram analisados por meio de regressão linear, regressão múltipla e estatística descritiva. A correlação e associação entre esses fatores com as perdas médias de solo foram verificadas por meio dos coeficientes de correlação linear (r) e de determinação (r^2).

7.4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio dos planos de informação (PIs) referentes aos fatores R, K, LS e CP da EUPS é possível visualizar como esses fatores estão distribuídos espacialmente no interior da BHTAM.

A análise visual do PI erosividade (ANEXO A5) e Tabela 7.3 permitem verificar que a capacidade das chuvas em causar erosão na BHTAM é muito elevada apresentando valores entre 4.905 e 7.357 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ (classe de erosividade média a forte) no leste e, valores de 7.357 a 9.810 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ (classe de erosividade forte), no setor central e oeste da bacia.

A análise estatística da distribuição espacial do fator R revelou que a erosividade média na BHTAM é de aproximadamente 8055,74 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, o coeficiente de variação (CV) é de 10,22 %, indicando uma baixa variabilidade espacial do fator erosividade no interior da bacia (Tabela 7.3).

Os valores obtidos para a BHTAM são confirmados se comparados com valores de erosividade calculados para diversas localidades situadas em áreas de Cerrado no centro-oeste do Brasil, entre esses Moraes et al. (1991) que determinaram a erosividade das chuvas para duas localidades em Cáceres-MT, encontrando valores próximos de 8.493 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹.

Tabela 7.3 - Resumo estatístico aplicados aos fatores da EUPS.

Fatores	r^{2*}	r^{**}	Média	Desvio padrão	CV*** (%)
R (MJ.mm.ha ⁻¹ .h ⁻¹ .ano ⁻¹)	0,08	0,28	8055,745	823,869	10,22
K (t.ha.h/ha.MJ.mm)	0,08	0,28	0,026	0,016	61,53
LS (adimensional)	0,38	0,62	3,329	2,718	81,64
CP (adimensional)	0,14	0,38	0,183	0,099	54,09
RKLSCP	0,71	0,84	-----	-----	-----
A (t/ha.a)	1	1	122,742	170,166	138,63

Coeficiente de determinação. ** Coeficiente de correlação. *** Coeficiente de variação.

Nos dados de erosividade mensais pode-se observar a existência de dois períodos bem definidos, um de baixa erosividade e outro de elevada erosividade (Figura 7.1). O período crítico de maior erosividade está situado entre outubro a abril, superando a casa de 500 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, sendo que de outubro a dezembro há maior expectativa de ocorrência de erosão, pois, durante esses meses, a maior parte dos solos encontram-se com pouca ou sem nenhuma cobertura, período que coincide com o preparo do solo e/ou com os cultivos em estágios que proporcionam baixa proteção em função da reduzida biomassa que possuem. O potencial erosivo durante os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março é superior a 1.500 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, de maio a setembro, é praticamente nulo por não conter energia suficiente para desencadear os processos erosivos apresentando valores inferiores a 500 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹.

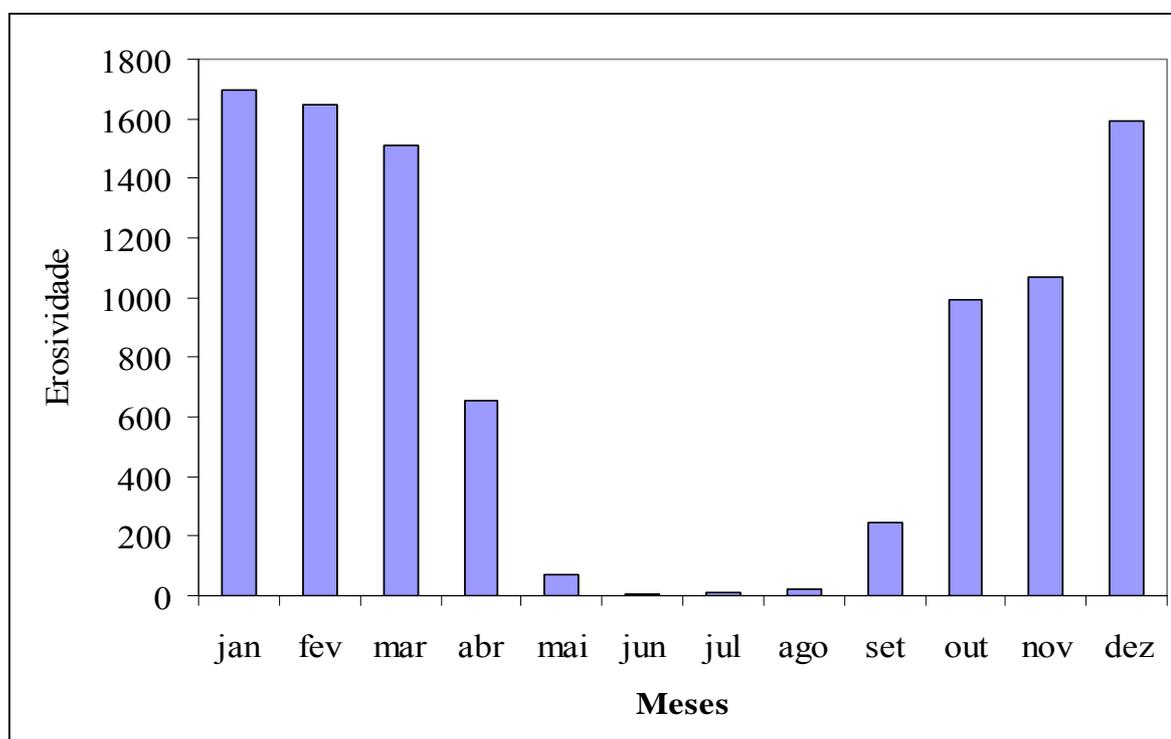


Figura 7.1 - Valores médios mensais de erosividade em MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ na BHTAM.

Predominam na BHTAM valores de erosividade acima de $7.357 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, ocupando aproximadamente $268,76 \text{ km}^2$ ou $79,15\%$, enquanto $20,86\%$ ou $70,80 \text{ km}^2$ apresentam erosividade entre 4.905 até $7.357 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (Tabela 7.4).

Para o PI erodibilidade ou fator K, que se refere aos índices que expressam a capacidade de resistência dos solos à erosão, quando expostos sob mesmas condições, verificou-se que esses variam de $0,013 \text{ t.ha.h/ha.MJ.mm}$ a $0,047 \text{ t.ha.h/ha.MJ.mm}$. Também verifica-se no PI do Fator K que os solos de maior erodibilidade encontram-se mais próximos dos drenos principais da bacia (Figura 7.2).

Os resultados observados na carta de erodibilidade expressam e confirmam a relação direta existente entre este fator e a distribuição espacial dos diferentes tipos de solos da BHTAM, pois, os índices de erodibilidade constituem-se numa característica própria de cada tipo de solo. A erodibilidade média na bacia é de aproximadamente $0,026 \text{ t.ha.h/ha.MJ.mm}$ e seu o coeficiente de variação é alto, $61,53 \%$. Este resultado indica que a distribuição espacial deste fator pela bacia é heterogênea (Tabela 7.3).

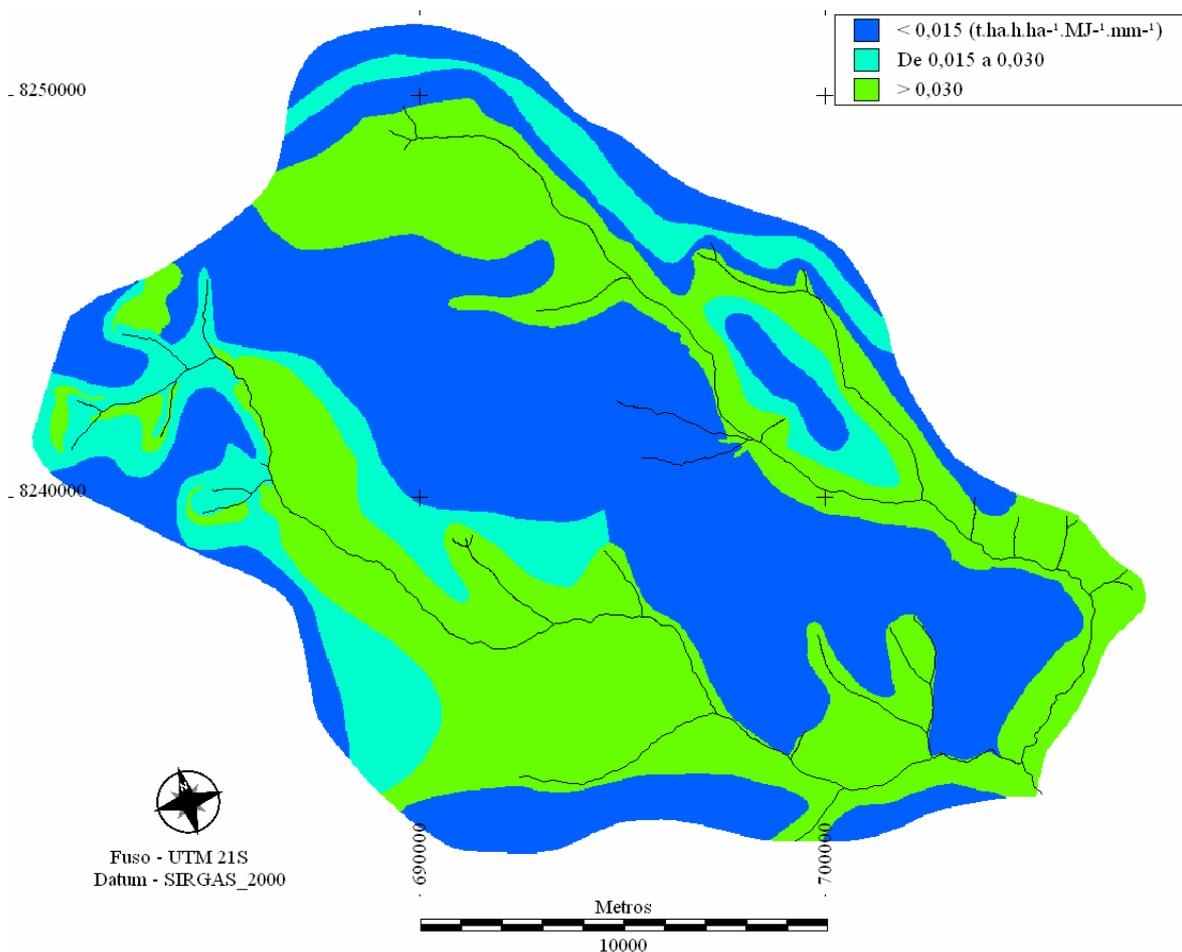


Figura 7.2 – Carta de erodibilidade (fator K) na BHTAM.

Dos solos que ocorrem na BHTAM os que apresentam erodibilidade, considerada alta, acima de 0,030 t.ha.h/ha.MJ.mm, ocupam 130,96 km² ou 38,56% da área, os de erodibilidade média ocupam apenas 49,87 km² ou 14,69% e os de menor erodibilidade, abaixo de 0,030 t.ha.h/ha.MJ.mm, ocupam 158,76 km² ou 46,75 % da área total da bacia (Tabela 7.4).

O fator LS é muito importante na determinação das perdas de solo. Representa o potencial topográfico em causar erosão, ou seja, é a contribuição da declividade e do comprimento das vertentes no potencial à erosão hídrica laminar. Em relação ao fator topográfico ocorre um equilíbrio na distribuição das áreas dos diferentes valores de LS (Figura 7.3).

O fator topográfico (LS) é um dos mais importantes da EUPS, pois influi na velocidade da água escoada e é considerado como o fator natural que mais interfere na variação das taxas de erosão numa área. Sua obtenção foi o que ofereceu maiores dificuldades, devido à complexidade da metodologia exigindo enorme quantidade de dados.

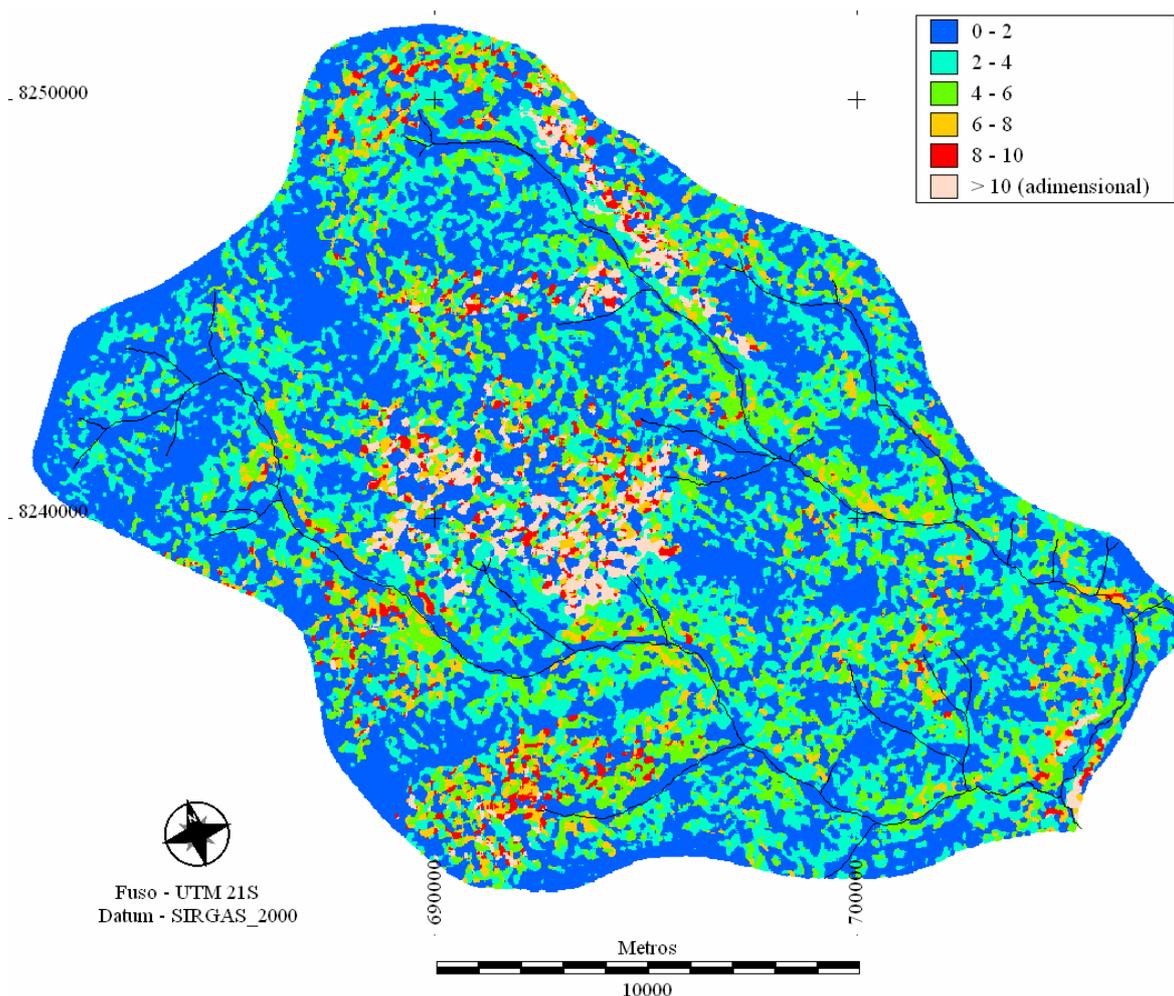


Figura 7.3 – Carta do fator LS na BHTAM.

As áreas que apresentam fator LS nulos e baixos (0 a 2) ocupam 160,40 km² ou 47,25% da área total da bacia. Valores entre 2 a 6 do fator LS ocupam 140,91 km² ou 41,49 % da área. Os valores altos (6 a 10) ocupam 27,05 km² ou 7,96 % e aquelas áreas com valores de LS muito alto (acima de 10) distribuem-se por 11,20 km² ou 3,30 % da área da BHTAM (Tabela 7.4). Deve-se atentar que quanto maior for valor do LS apresentado maior será a energia potencial do relevo e, conseqüentemente, maior a contribuição para as perdas de solos nos locais em que venha ocorrer valores mais altos para este fator na BHTAM.

Tabela 7.4 - Área em km² e em porcentagem de ocupação por classe dos fatores erosividade das chuvas (R), erodibilidade dos solos (K), comprimento das encostas e declividade ou fator topográfico (LS), potencial natural de erosão; uso, manejo e práticas conservacionistas (CP) e perdas de solos (A) na BHTAM.

	Classes	Área (km²)	Área (%)
Fator R (MJ.mm.ha ⁻¹ .h ⁻¹ .ano ⁻¹)	4.905 a 7.357	70,80	20,86
	7.357 a 9.810	268,76	79,15
	Total	339,56	100,00
Fator K (t.ha.h/ha.MJ.mm)	< 0,015	158,76	46,75
	de 0,015 a 0,030	49,87	14,69
	> 0,030	130,93	38,56
	Total	339,56	100,00
Fator LS (adimensional)	0 a 2	160,40	47,25
	2 a 4	90,61	26,68
	4 a 6	50,30	14,81
	6 a 8	19,30	5,68
	8 a 10	7,75	2,28
	> 10	11,20	3,30
	Total	339,56	100,00
PNE (t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	< 600 (t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	219,11	64,53
	600 a 1200	50,68	14,92
	> 1200	69,77	20,55
	Total	339,56	100,00
Fator CP (adimensional)	0,00004 a 0,0007	24,61	7,25
	0,0007 a 0,055	32,62	9,61
	0,055 a 0,12	58,10	17,11
	0,12 a 1	224,23	66,03
	Total	339,56	100,00
Perdas de solos (t/ha.a)	Baixa (< 10)	66,33	19,53
	Moderada (10-50)	75,53	22,24
	Alta (50-200)	129,45	38,12
	Muito Alta (>200)	68,25	20,11
	Total	339,56	100,00

Dos fatores naturais da EUPS, o LS é o que apresentou maior correlação com as variações das perdas de solos, Silva (2004), constatou entre todos uma maior influência do fator topográfico nas perdas de solos na bacia do rio Paracatu em Minas Gerais, Goiás e Distrito Federal. Na BHTAM constatou-se que este fator apresenta um alto coeficiente de variação espacial de 81,64 %, conforme consta na Tabela 7.3.

Em relação aos fatores ‘uso e manejo’ (C) e ‘práticas conservacionistas’ (P), integrados no PI e denominados CP, há o predomínio de áreas com CP entre 0,12 a 1 (Figura 7.4). Esses valores referem-se a cultivos e práticas de conservação que não oferecem proteção adequada aos solos em todo ciclo da cultura e, considerando que os fatores C e P representam os cuidados adotados para evitar a erosão, deduz-se que a BHTAM está sujeita a sofrer consideráveis perdas de solos.

As áreas com valores de CP mais altos (acima de 0,12) ocorrem na maior parte da BHTAM, já as áreas que contam com melhor proteção proporcionada pela cobertura vegetal, CP abaixo de 0,01, composta por formações vegetais do tipo savana e florestas, têm presença restrita às proximidades das margens dos córregos Amaral e Brilhante.

Os valores de CP variaram de 0,00004 até 1, sendo que os menores valores estão relacionados com as áreas onde se espera menores perdas de solos, as quais são de maior ou menor intensidade, em função da cultura, manejo e das práticas de conservação de solos adotadas. Os valores mais altos de CP indicam expectativa de perdas de solos mais elevadas refletindo usos com cultivos que oferecem menor proteção.

O fator CP apresentou um alto coeficiente de variação, 54,09 % (Tabela 7.3). Esse resultado reflete a elevada variabilidade deste fator e indica a existência de áreas cujos usos, manejos e práticas conservacionistas adotadas proporcionam aos solos desde baixa até alta proteção. Este fator apresentou uma fraca correlação com a variação das perdas de solos na BHTAM ($r = 0,38$).

Os resultados dos fatores uso, manejo e práticas de conservação no PI do fator CP representam a interferência antrópica na BHTAM, cuja utilização principal é com cana e culturas anuais em nível (soja e algodão) e pecuária (de corte e leiteira). Essas áreas distribuem-se por 282,10 km² ou 83,14 % da área total da bacia (Tabela 7.4), sendo que tais atividades não oferecem boa proteção aos solos contra erosão, conseqüentemente, são esperadas maiores perdas de solos para esses locais (Figura 7.4).

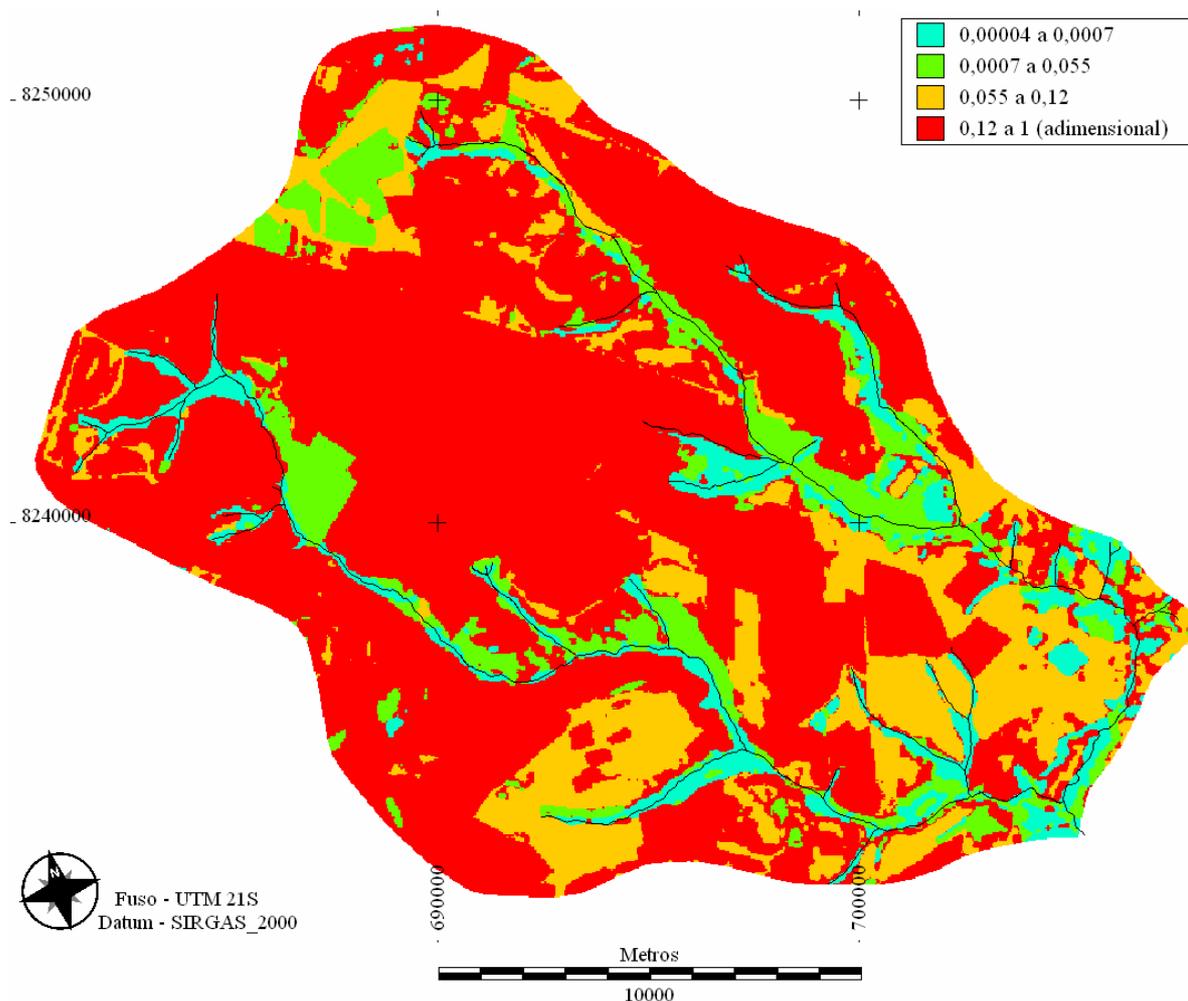


Figura 7.4 - Carta do Fator CP da BHTAM

Em relação às perdas de solos, ou fator A da USLE, verifica-se que há o predomínio de áreas com perdas entre 50 a 200 t/ha.a e que encontram-se bem distribuídas no interior da bacia (Figura 7.5).

Essas áreas, que apresentam perdas de solos altas, ocorrem principalmente em locais de plantio de cana e ocupam 129,45 km² ou 38,12 % da área total da bacia (Tabela 7.4). As áreas com perdas de solos muito altas, superior a 200 t/ha.a, também encontram-se bem distribuídas na bacia e ocupam 68,25 km² da área ou 20,11 % e estão associadas, principalmente, aos locais de uso com culturas anuais e pastagens.

Perdas de solos moderadas entre 10 a 50 t/ha.a ocorrem somente em 22,24 % ou em 75,53 km² da área da BHTAM e estão associadas a diversas formas de uso. Já as áreas que apresentaram baixa perda, inferior a 10 t/ha.a, são aquelas onde a cobertura vegetal natural foi mantida e ocupam 19,53 % ou 66,33 km² da área da bacia.

A comparação entre a ‘carta de perdas de solos’ com as cartas contendo os fatores da EUPS mostraram que as áreas com maiores perdas coincidem com os locais onde os fatores CP e LS são maiores. Isto indica que existe maior influência desses dois fatores nas perdas de solos na BHTAM.

Por meio do coeficiente de determinação (r^2) verificou-se que os fatores LS e CP apresentaram melhor associação com as perdas de solos e, desta forma, explica-se que 38% e 14% respectivamente das variações dessas perdas são devidas a variação desses dois fatores (Tabela 7.3). Os coeficientes dos fatores R e K explicam, por sua vez, que apenas aproximadamente 8 % das perdas de solo ocorrem em função da variação desses fatores.

O resultado da aplicação da regressão múltipla revelou efeitos significativos dos fatores R, K, LS e CP evidenciando que as perdas de solos causadas por esses fatores apresentam diferenças entre si.

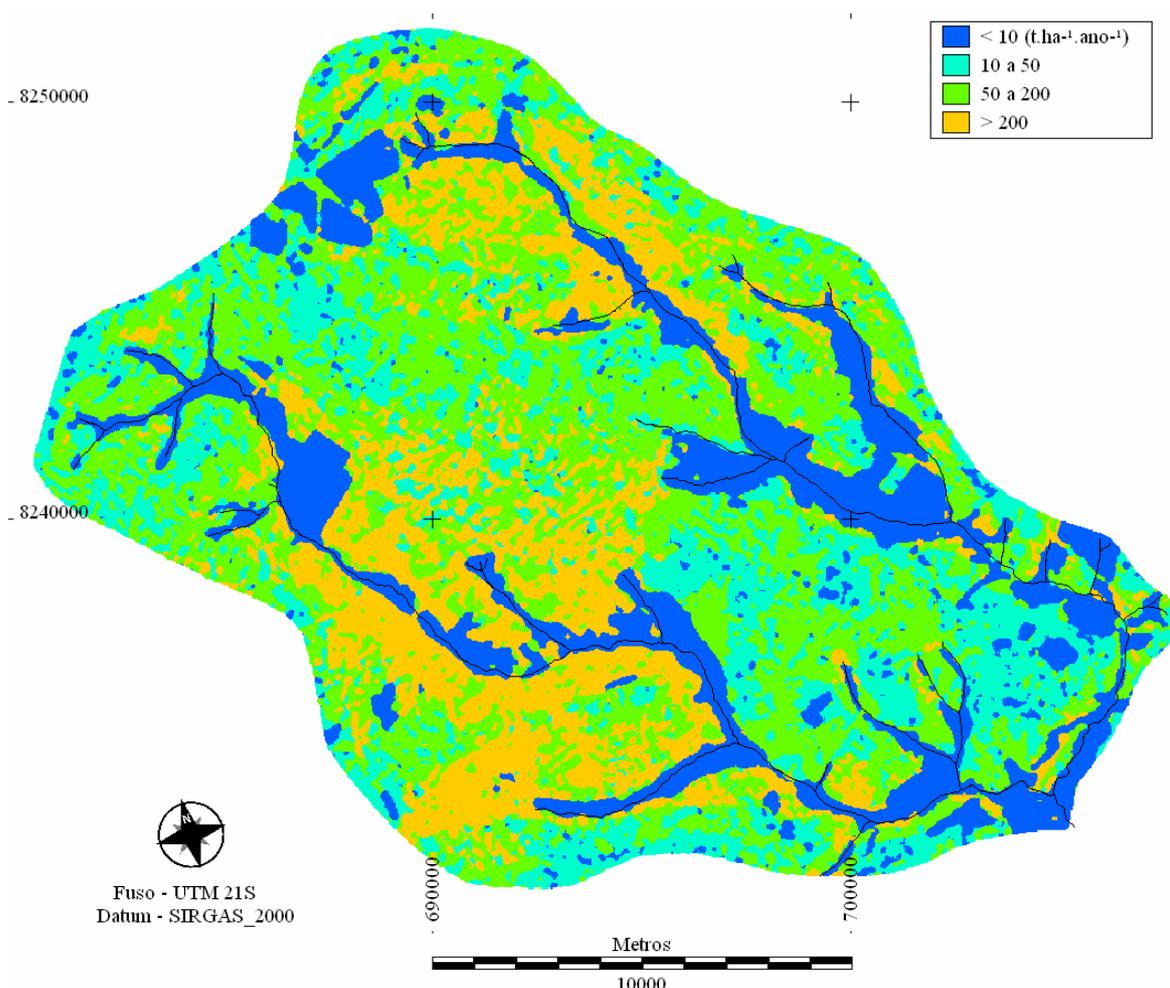


Figura 7.5 - Estimativa de perdas médias de solos em t/ha.ano na BHTAM.

O elevado valor de r (0,84) indica a influência dos fatores da EUPS nas perdas de solo na bacia, também indica que há uma forte correlação positiva entre esses fatores e as perdas de solos (Tabela 7.3). Isto significa que à medida que aumenta um desses fatores as perdas de solos tendem a aumentar. O coeficiente de determinação ou r^2 nos indica que aproximadamente 71 % das variações nas perdas de solos são devidas às variações nos fatores erosividade, erodibilidade, topográfico, uso e manejo.

O potencial natural de erosão (PNE) representa as perdas de solos que por ventura seriam causadas apenas pelos fatores da EUPS que representam o meio abiótico, ou seja, corresponde às estimativas de perdas em áreas teoricamente destituídas de cobertura vegetal e sem considerar a intervenção antrópica (FUJIHARA, 2002 e MARCOMIN, 2002).

As perdas de solos causadas pelos fatores naturais são apresentadas na Figura 7.6 e, por meio do resultado apresentado, pode-se verificar a influência dos fatores naturais no desencadeamento dos processos erosivos no local, principalmente, erodibilidade dos solos.

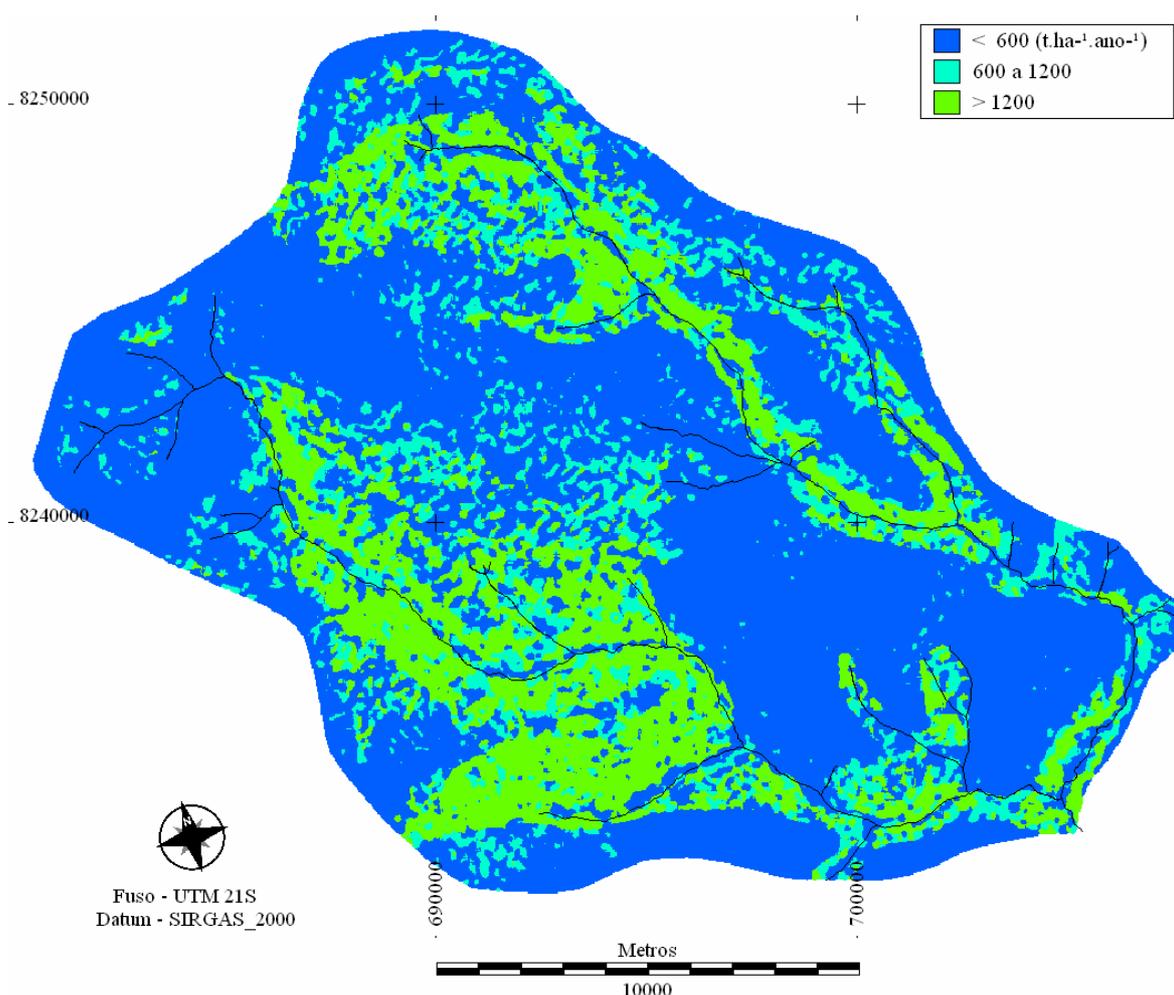


Figura 7.6 - Carta potencial natural de erosão.

As áreas com estimativas de perdas de solos inferior de 600 t.ha¹.ano¹ apresentam ampla maioria em relação as demais e reflete o padrão de distribuição apresentado pelo fator K, ou seja, nas áreas onde o fator K é maior, o PNE é maior e, naquelas onde o fator K é menor, o mesmo é demonstrado com o potencial natural a erosão.

A Tabela 7.4 contém as distribuição em km² e porcentagem das áreas de abrangência entre as classes de potencial natural à erosão (PNE) estabelecidas 20,55% são áreas com maiores potenciais naturais à erosão. Acima de 1200 t.ha¹.ano¹; 14,92% apresentam potencial natural a erosão entre 600 a 1200 t.ha¹.ano¹ e 64,53% correspondem aos locais onde se espera as menores perdas (> 600 (t.ha⁻¹.ano⁻¹) causadas pelos fatores R, K e LS da EUPS. Estes percentuais de distribuição das classes de PNE correspondem respectivamente a 69,77 km², 50,68 km² e 219,11 km².

A aplicação da Equação Universal de Perda dos Solos Modificada (MEUPS) estimou para o local o volume de escoamento superficial, a vazão de pico e a produção de sedimentos na BHTAM. Na Figura 7.7 está apresentado a distribuição da estimativa da produção de sedimentos na BHTAM para um evento de chuva de 28mm.

Por meio dela deduz-se que predominam áreas com taxas de produção de sedimentos superiores a 0,01218 t.ha¹. Estas áreas com maior produção de sedimentos estão situadas nas partes mais altas da bacia, são locais explorados intensamente com cultivos anuais, principalmente cana-de-açúcar e soja.

Machado (2002) verificou esta mesma tendência para a microbacia do Ribeirão Marins e atribuiu tal fato ao uso intensivo e ao relevo ondulado da área que pesquisou. Pode-se deduzir, também, por meio da observação da carta de produção de sedimentos, que as áreas com menores produções de sedimentos são aquelas situadas na parte inferior das vertentes, próximas aos córregos e em locais onde a cobertura vegetal natural foi mantida. Tal informação corrobora com o resultado de Araújo Júnior (1998) que atribui o aumento no aporte de sedimentos à intensificação no uso e ocupação do solo.

A Tabela 7.5 apresenta um resumo estatístico com valores: mínimo, máximo, médio e desvio padrão da produção de sedimentos, do valor CN (*Curve Number*), da vazão de pico e do escoamento superficial. Tais estatísticas estão representadas, respectivamente, em toneladas e tonelada por hectare, em m³/s e mm. Esses valores são indispensáveis para obtenção da estimativa de aporte de sedimentos na bacia em estudo.

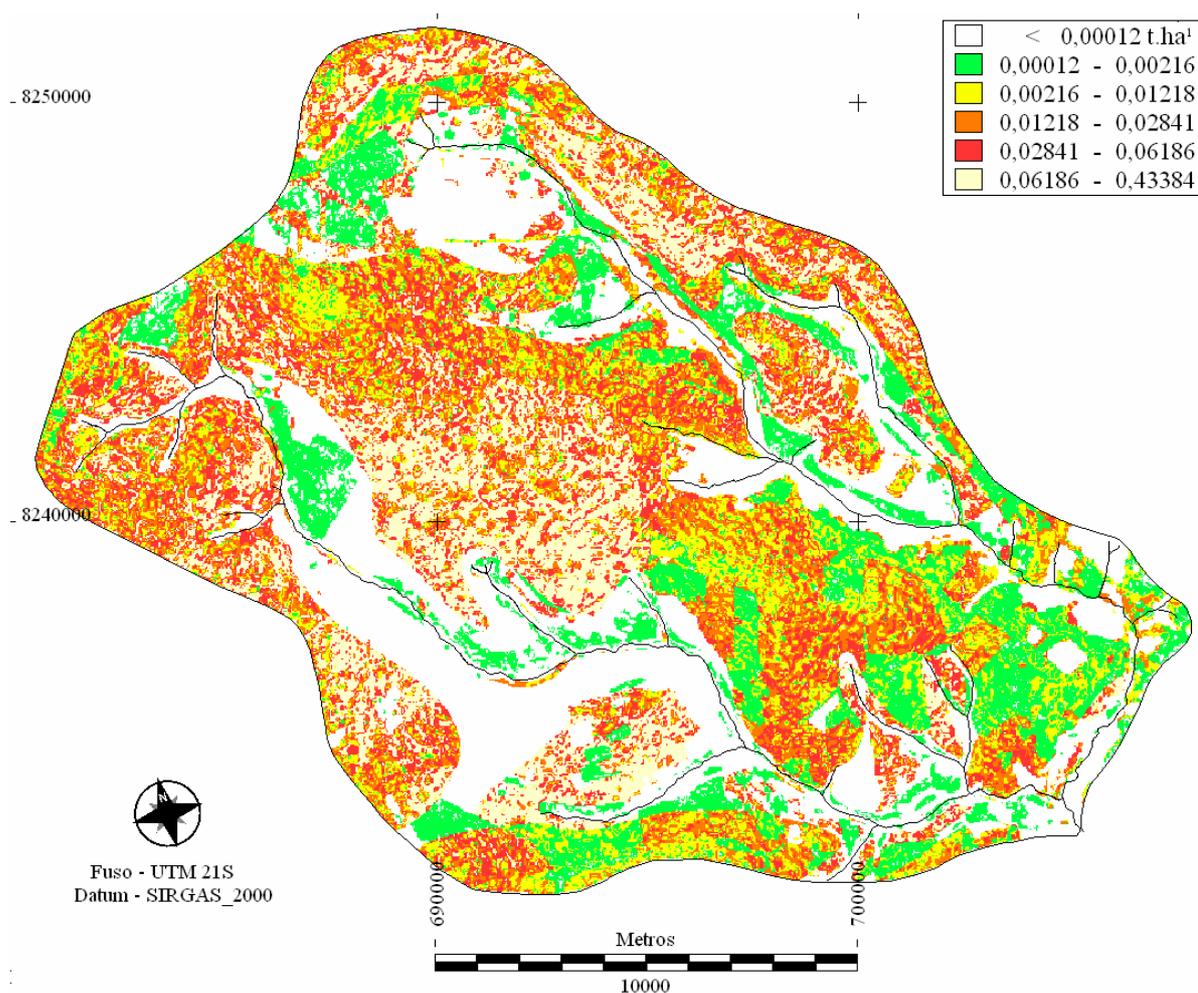


Figura 7.7 - Carta da produção de sedimentos da BHTAM.

Os resultados da Tabela 7.5 mostram que há no local áreas com produção de sedimentos desde nulas até 0,433 t.ha¹, entretanto, ressaltamos que a MUSLE apresenta tendência em superestimar os valores da produção de sedimentos, conforme explica Branco (1998) que obteve resultados superestimados na aplicação da MUSLE para nove diferentes eventos de chuva. No entanto, estes resultados mesmo com tal tendência constituem em dados que permitem reavaliar o uso do solo e assim redirecionar as atividades na bacia.

Tabela 7. 5 – Resumo estatístico com os valores mínimo, máximo, médio e desvio padrão para produção de sedimentos em toneladas por hectares (t.ha¹), escoamento superficial (mm), vazão de pico (m³/s) e valor CN da bacia hidrográfica do rio Tenente Amaral.

	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Produção de Sedimentos (t.ha ¹)	0,0	0,433	0,028	0,047
Escoamento (mm)	0,003	24,271	5,807	5,917
Vazão de Pico (m ³ /s)	0,002	32,242	10,859	13,663
Valor CN	25	94	72	18,955

7.6 – CONCLUSÕES

Por meio do SIG IDRISI foi possível obter os fatores da EUPS e MEUPS e estimar as perdas médias de solo e o aporte de sedimentos na área de estudo;

A BHTAM apresenta perdas de solos consideradas altas, 122,74 t/ha.ano e produção de sedimentos desde valores nulos até 0,433 t.ha¹;

Aproximadamente 58 % da área da bacia apresentam perdas médias de solos consideradas altas e muito altas;

O fator topográfico (LS) é, entre todos os fatores da EUPS, o que melhor explica as variações nas perdas de solo na BHTAM;

O potencial natural à erosão na bacia reflete o padrão de distribuição apresentado pelo fator erodibilidade dos solos.

A estimativa de erosão mostra 19,53% da área total da bacia possuem valores de perda de solo de 10 t.ha⁻¹ano⁻¹ valor inferior a tolerância de perda máxima de solo.

7.7 – REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E. P. A. **Aplicação de dados SRTM à modelagem da erosão em microbacias por geoprocessamento**. 2006-04-25. 88 p. (INPE--TDI). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2006. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2006/08.25.13.19>>. Acesso em: 12 nov. 2007.

ARAÚJO JÚNIOR, G. J. L. D. **Aplicação dos modelos EUPS e MEUPS na bacia do Ribeirão Bonito (SP) através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento**. 1997. 122 f. – Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos: INPE, 1997. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/rep-/sid.inpe.br>> Acesso em: 27 maio 2006.

BERTONI J. E LOMBARDI NETO F. **Conservação do solo**. Editora Ícone, São Paulo, 2005. 355p.

BRANCO.N. **Avaliação da produção de sedimentos de eventos chuvosos em uma pequena bacia hidrográfica rural de encosta**, Santa Maria, 1998. 135 f. Dissertação (Mestrado-Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, universidade Federal de Santa Maria. Disponível em: <<http://www.ufsm.br/enquadra/Trabalhos/DissAnteriores/BRANCO.pdf>> Acesso em 04/04/2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (Brasília, DF). **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (Pantanal) - PCBAP**: análise integrada e prognóstico da Bacia do Alto Paraguai. Brasília, 1997. v.3. 369 p., anexos. Programa Nacional do Meio Ambiente. Projeto Pantanal.

BUENO, C.R.P. E STEIN, D.P. Potencial natural de erosão na região de Brotas, Estado de São Paulo, Acta **Scientarium. Agronomy**, Maringá, v.26, n^o. 1.p. 1-5, 2004.

CAMARGO, M.N.; KLAMT, E. & KAUFFMAN. J.H. Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil, **Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas. 12 (1): 11-33. 1987.

EASTMAN, J.R. 1998, Idrisi for Windows, versão 2. **Manual do Usuário**: Introdução e Exercícios Tutoriais. H. Hasenack & E. Weber (eds.), UFRGS/Centro de Recursos Idrisi, Porto Alegre, 235p.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solo (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 1999, 412p.

FUJIHARA, A.K. **Predição de erosão e capacidade de uso do solo numa microbacia do oeste paulista com suporte de geoprocessamento**. Piracicaba, 2002. 118p. Dissertação (Mestrado-Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, universidade de São Paulo). Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11142/tde-12112002-141046/publico/alberto.pdf>>; Acesso: 18 jan. 2006.

GALDINO, S. MARQUES V. L., SORIANO; B. M. A.- **Erosão na Bacia do Alto Taquari / Corumbá**: Embrapa Pantanal, 2003. 46 p. (Documentos / Embrapa Pantanal ISSN 1517-1981; 52). Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/DOC52>>; Acesso em 20/08/2006.

GALDINO, S. PELLEGRIN L. A.; **Diagnóstico e diretrizes do PCBAP relativos à erosão na Bacia do Alto Taquari** / Sérgio Galdino – Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 33 p. (Documentos / Embrapa Pantanal ISSN 1517-1981; 51). Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/DOC51>>; Acesso em: 22/08/2006.

GONÇALVES, A. SCHINEIDER, R. L. **Geologia do Centro Leste de Mato Grosso**, Ponta Grossa. PETROBRÁSDESUL, 1970, 43p (Relatório Técnico Interno, 394).

MACHADO, R. E. **Simulação de escoamento e de produção de sedimentos em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento**. 2002. 154 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2002. Disponível em:< <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11143/tde-10072002-161200>> Acesso em 20/08/2006.

MARCOMIN, F.E. **Análise ambiental da bacia hidrográfica do Rio Pinheiros (municípios de Orleans e São Ludgero, SC), com base na caracterização e diagnóstico os elementos da paisagem e da perda de solo por erosão laminar**. 2002. 155 f. Tese (Doutorado em Ciências) Universidade Federal de São Carlos, UFSCAR. São Carlos, 2002.

MORAIS, L.F.B. de; SILVA, V. da; NASCHENVEN, T.M. da C.; HARDONI, P.C.; ALMEIDA, J.E.L. de; WEBER, O.L. dos S.; BOEL, E.; DURIGON, V. Índice EI₃₀ e sua relação com o coeficiente de chuva do sudoeste do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, p.339-344, 1991.

ROCHA, J.V.; LOMBARDI NETO, F.; BACELLAR, A.A.A. Metodologia para determinação do fator comprimento de rampa (L) para a Equação Universal de Perdas de Solo. **Caderno de Informações Georreferenciadas (CIG)**, v. 1 n. 2, 1997. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/revista/cigv1n2n1.html>> Acesso em: 11 fev. 2006.

SILVA, A. M. DA; SCHULZ, H. E. ; CAMARGO, P. B. . **Erosão e Hidrosedimentologia em Bacias Hidrográficas**. 1. ed. São Carlos: Rima Editora, 2003. v. 1. 138 p.

SILVA, V.C.da. Estimativa da erosão atual da bacia do Rio Paracatu (MG / GO / DF), **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 34 (3): p. 147-159, 2004.

USDA - WATER EROSION PREDICTION PROJECT 1972 . User Requeriments. West Lafayette. 44p.

VASCONCELOS, T.N.N; BARROS, L.T.L.P; MONTEIRO, J.R.B. Estudo Integrado da Bacia do rio Tenente Amaral uma Proposta de Zoneamento Ambiental, Governo do Estado de Mato

Grosso, Fundação Estadual de Meio Ambiente – FEMA – PRODEAGRO – BIRD – Cuiabá-MT. 1999. 116p.

WANTZEN, K. M., 1997: **Einfluß anthropogen bedingter Versandung auf Habitatstruktur und Lebensgemeinschaften von Cerrado-Bächen in Mato Grosso**, Brasilien. Doctoral Thesis University Hamburg, Herbert Utz Verlag, Munich, Germany, 185p.

WISCHMEIER, W.H. E SMITH, D.D. (1978). Predicting rainfall erosion losses. *Guide to Conservation Farming*. US Department of Agriculture Handbook, 537. 58p.

WILLIAMS J.R. 1975. Sediment yield prediction with USLE using runoff energy factor. In: *ARS-S-40. Agr. Res. Serv.*, USDA. Washington DC. pp. 244-252.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A comparação dos resultados verificados nas cartas correspondentes às metodologias de análise ambiental foi realizada utilizando-se de verificação sistemática e cruzamento matricial entre os produtos cartográficos finais de cada metodologia produzidos e apresentados neste trabalho.

Os resultados desses cruzamentos e observações são apresentados no ANEXO D e revelaram coincidências, porém, muito mais discrepâncias espaciais e quantitativas entre esses produtos cartográficos.

De acordo com as comparações realizadas verificou-se que o maior percentual de áreas com coincidências espaciais entre classes similares ocorreu no resultado do cruzamento matricial entre a ‘Carta de Vulnerabilidade à Erosão’ e a ‘Carta de Perdas Médias de Solos’ (USLE). A maior parte da Bacia nessas duas cartas ficou situada em classes que indicam níveis intermediários de restrição com algumas incompatibilidades no uso, no entanto, a adoção de práticas conservacionistas simples podem combater as perdas de solos nesses locais.

Os resultados dos cruzamentos entre as cartas de ‘Fragilidade Ambiental’ e de ‘Perdas Médias de Solo’ (USLE), bem como, entre a ‘Carta de Potencial à Erosão’ e a ‘Carta de Perdas Médias de Solo’ (USLE) e, entre as cartas de ‘Potencial à Erosão’ e ‘Vulnerabilidade à Erosão’ revelaram percentuais médios de coincidência espacial bastante próximos entre si. Nesses cruzamentos os percentuais de coincidências apresentados variaram entre 37% a 44,5%.

No resultado das comparações entre as Cartas de ‘Fragilidade Ambiental’ e de ‘Vulnerabilidade à Erosão’ verificou-se acentuada discrepância espacial. Há que se ressaltar que essas metodologias de análise ambiental foram formuladas com base nos mesmos princípios, o da Ecodinâmica, cabendo portanto maior aprofundamento de estudos neste campo. Além disso, a metodologia do INPE difere por usar na confecção da carta de ‘Vulnerabilidade à Erosão’ informações sobre a geologia da área.

Entre as cartas de ‘Potencial à Erosão’ e ‘Fragilidade Ambiental’ também verificou-se a ocorrência de elevada disparidade espacial. Essa diferença ocorreu pelo fato de que a primeira metodologia classificou as áreas pelo predomínio de médio e baixo potencial à erosão, enquanto a segunda, pelo predomínio de áreas de fragilidade forte a muito forte.

As comparações entre as metodologias para obtenção da ‘Fragilidade Ambiental’ e das ‘Perdas médias de solos’ (USLE) revelaram a existência de maior quantidade de áreas com

severas restrições ao uso do solo bem como que o solo está sendo usado atualmente de forma incompatível com a sua aptidão natural em algumas áreas. Esse resultado indica que nessas áreas da BHTAM ocorrem fatores adversos ao uso e que podem gerar maiores problemas ambientais caso o manejo utilizado não seja devidamente adequado a sua aptidão.

De outro lado, a aplicação da metodologia que determina o ‘potencial à erosão laminar’ bem como a que estima as ‘perdas médias de solos’ (USLE) são as que apresentaram em seus resultados maiores quantidades de áreas sem restrições ao uso agrícola, ou seja, áreas que apresentam baixo potencial à erosão e baixas perdas de solos frente ao uso atual.

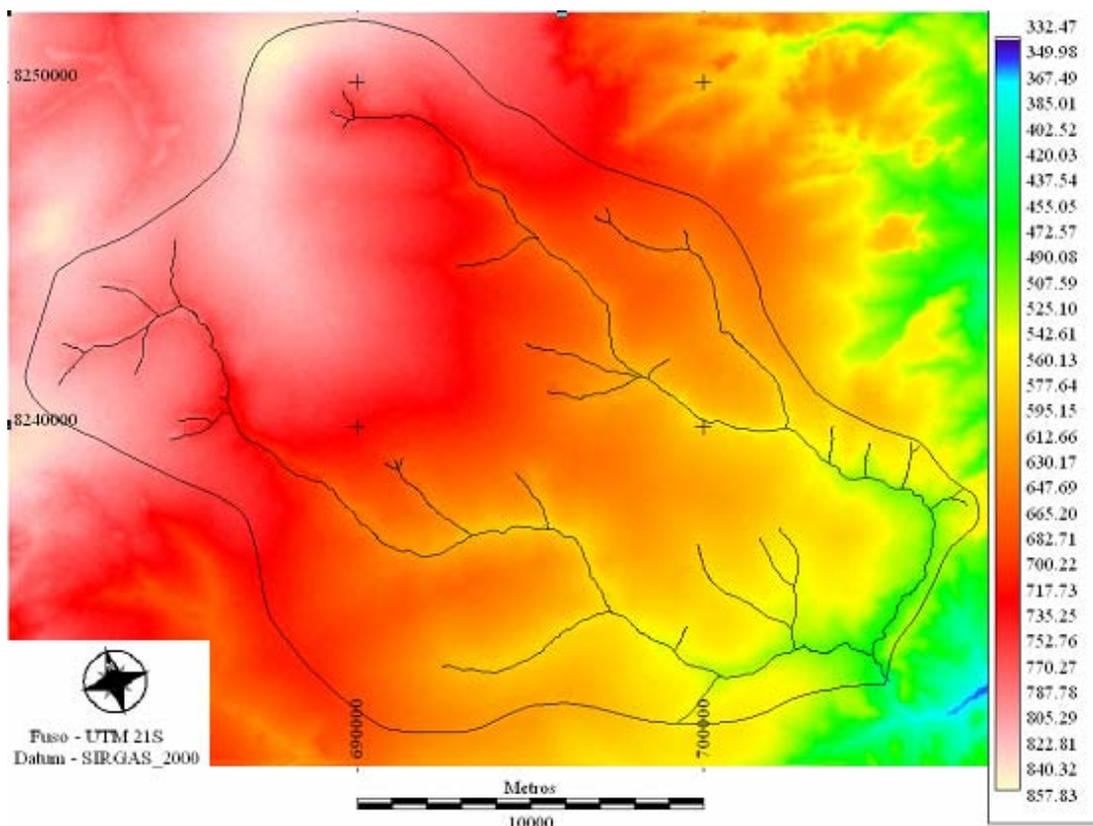
Portanto, considerando a semelhança entre os materiais cartográficos utilizados para a aplicação dessas metodologias e os objetivos que elas buscam atingir, esperava-se mais coincidências espaciais e quantitativas entre os dados observados nas cartas comparadas. Entretanto, sabe-se que todas elas coincidem no uso de informações sobre solos, cobertura vegetal e precipitações pluviais, porém com ênfase diferenciada, privilegiando ou não um desses aspectos, ou com a implementação de outras variáveis na aplicação.

Apesar das discrepâncias observadas, a aplicação das metodologias de análise ambiental e as técnicas de geoprocessamento possibilitaram o diagnóstico das características ambientais e do uso do solo da Alta Bacia Hidrográfica do Rio Tenente Amaral e assim contribuir com informações cartográficas e descrições relevantes para o planejamento de uso sustentável da área estudada.

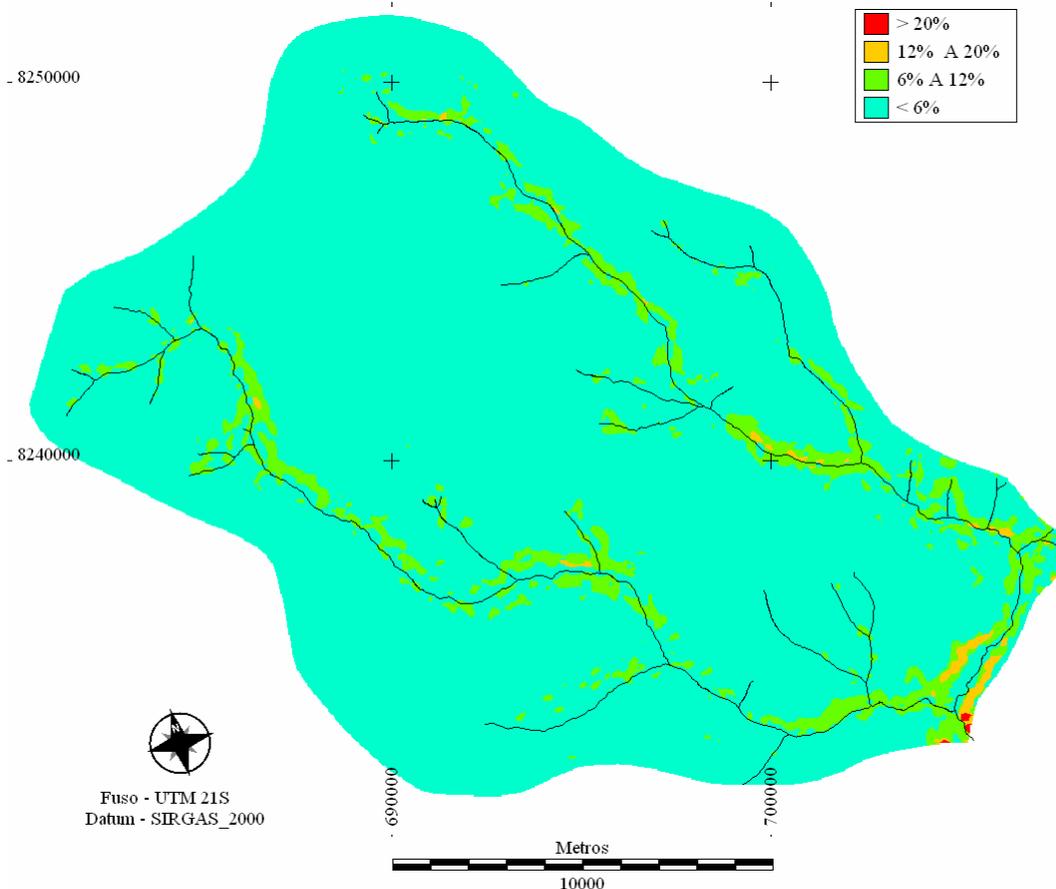
De forma geral, as informações e descrições cartográficas obtidas levam à conclusão de que a BHTAM, inclusive por situar-se em área de cabeceiras de vale, deve ser identificada como área naturalmente suscetível a desequilíbrios ambientais, principalmente processos erosivos de grande intensidade, por isso é necessário promover a recuperação da mata ciliar e das nascentes dos córregos Amaral e Brilhante, além dos limites previstos em lei, e adotar sistemas de plantio com o mínimo de revolvimento dos solos e que promovam boa cobertura e alta produção de biomassa.

ANEXOS

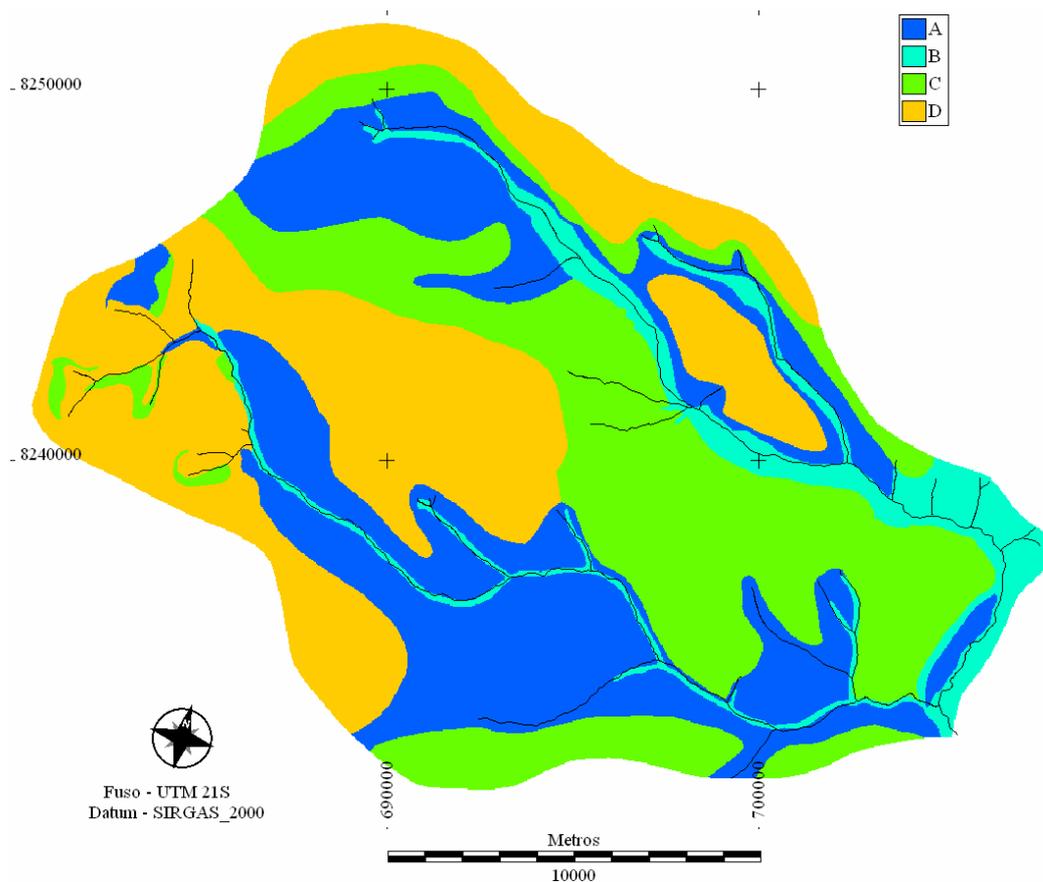
ANEXO A



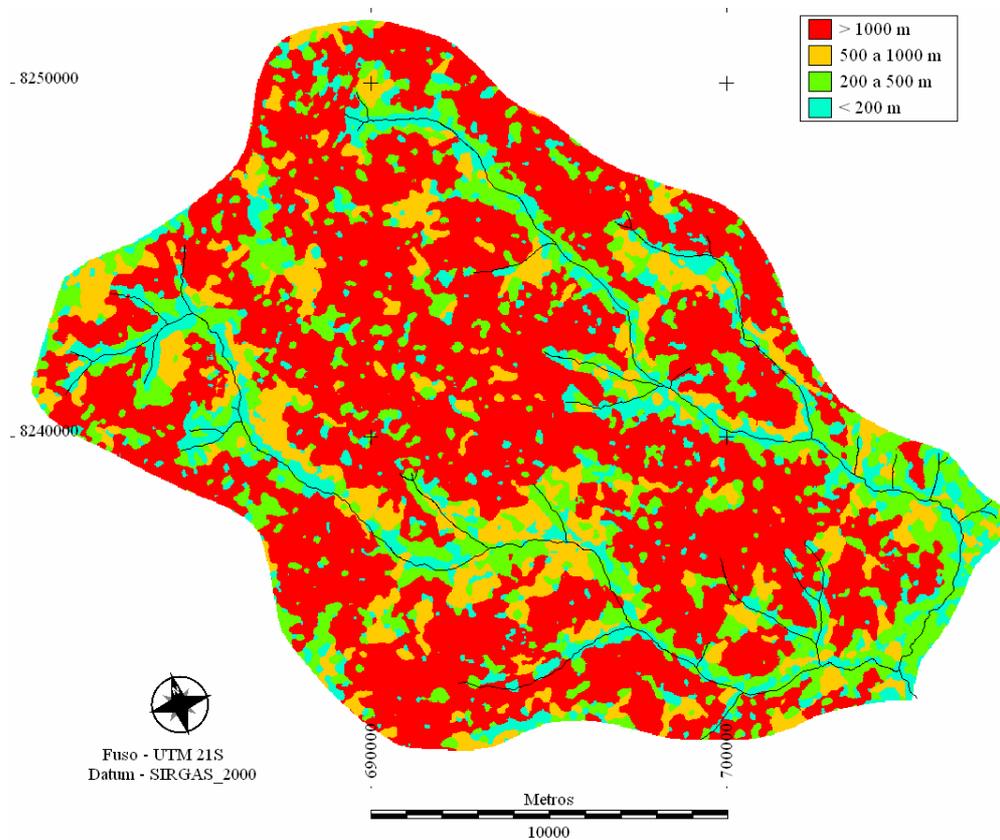
ANEXO A1 - Modelo Digital de Elevação do Terreno (DEM) com perímetro e drenos principais da bacia hidrográfica do rio Tenente Amaral sobrepostos.



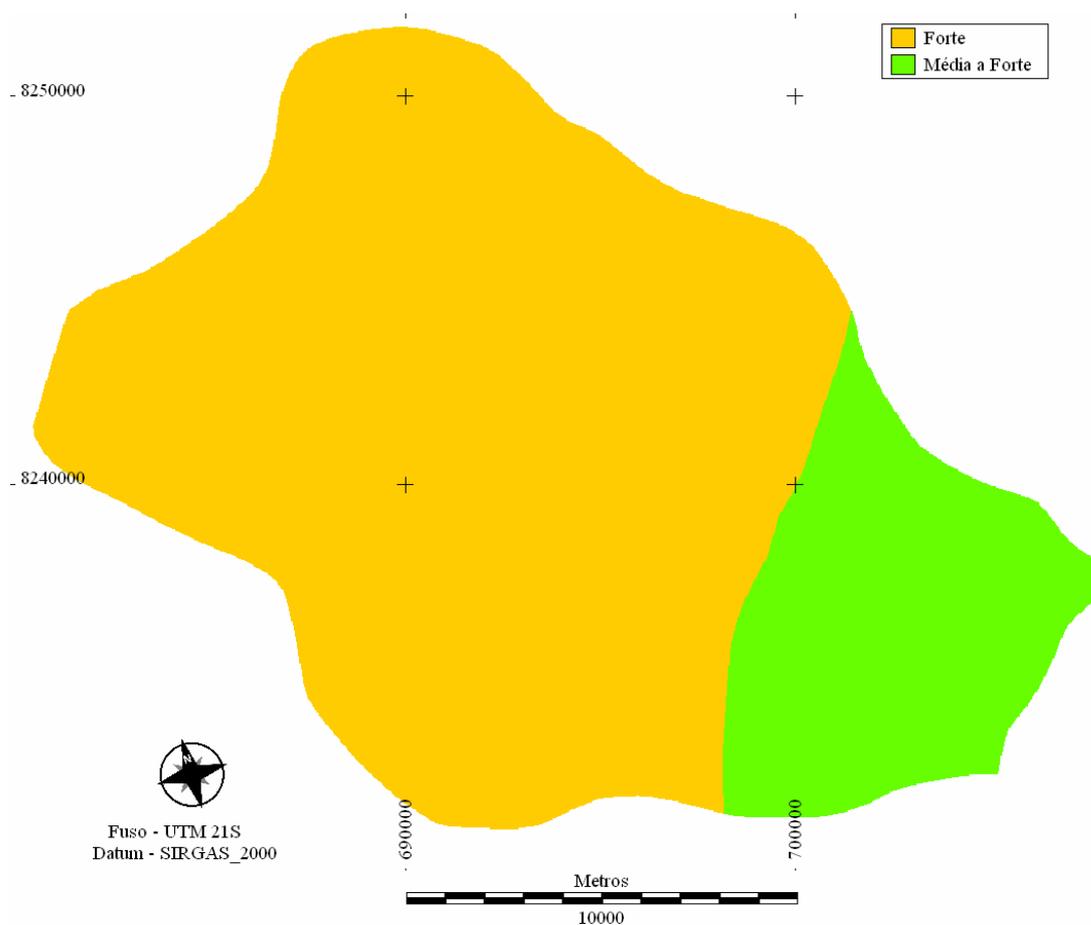
ANEXO A2 – Carta de classes de declividades em porcentagem da BHTAM.



ANEXO A3 - Carta de potencial de escoamento superficial dos solos da BHTAM.



ANEXO A4 - Carta de classes de comprimento de rampas da BHTAM.



ANEXO A5 - Carta de classes de erosividade das chuvas da BHTAM.

ANEXO B

ANEXO B1 - Escala de valores de vulnerabilidade / estabilidade (V/E) à denudação das rochas mais comuns.

Minerais/Rochas	V/E	Minerais/Rochas	V/E	Minerais/Rochas	V/E
Quartzitos ou metaquartzitos	1,0	Milonitos, Quartzo muscovita, Biotita, Clorita xisto	1,7	Arenitos quartzosos ou ortoquartzitos	2,4
Riólito, Granito, Dacito	1,1	Piroxenito, Anfibolito Kimberlito, Dunito	1,8	Conglomerados, Subgrauvacas	2,5
Granodiorito, Quartzo Diorito, Granulitos	1,2	Hornblenda, Tremolita, Actinolita xisto	1,9	Grauvacas, Arcózios	2,6
Migmatitos, Gnaisses	1,3	Estaurolita xisto, Xistos_granatíferos	2,0	Siltitos, Argilitos	2,7
Fonólito, Nefelina Sienito, Traquito, Sienito	1,4	Filito, Metassiltito	2,1	Folhelhos	2,8
Andesito, Diorito, Basalto	1,5	Ardósia, Metargilito	2,2	Calcários, Dolomitos, Margas, Evaporitos	2,9
Anortosito, Gabro, Peridotito	1,6	Mármore	2,3	Sedimentos Inconsolidados: Aluviões, Colúvios etc.	3,0

Fonte: Crepani et al. (2001).

ANEXO B2 – Escala de valores de vulnerabilidade / estabilidade (V/E) para a intensidade de dissecção do relevo.

Amplitude do interflúvio (m)	V/E	Amplitude do Interflúvio (m)	V/E	Amplitude do interflúvio (m)	V/E
>5000	1,0	3250 - 3500	1,7	1500 - 1750	2,4
4750 - 5000	1,1	3000 - 3250	1,8	1250 - 1500	2,5
4500 - 4750	1,2	2750 - 3000	1,9	1000 - 1250	2,6
4250 - 4500	1,3	2500 - 2750	2,0	750 - 1000	2,7
4000 - 4250	1,4	2250 - 2500	2,1	500 - 750	2,8
3750 - 4000	1,5	2000 - 2250	2,2	250 - 500	2,9
3500 - 3750	1,6	1750 - 2000	2,3	<250	3,0

Fonte: Crepani et al. (2001).

ANEXO B3 - Valores de vulnerabilidade / estabilidade (V/E) para a amplitude altimétrica.

AMPLITUDE ALTIMÉTRICA (m)	V/E	AMPLITUDE ALTIMÉTRICA (m)	V/E	AMPLITUDE ALTIMÉTRICA (m)	V/E
<20	1,0	77 - 84,5	1,7	141,5 - 151	2,4
20 - 29,5	1,1	84,5 - 94	1,8	151 - 160,5	2,5
29,5 - 39	1,2	94 - 103,5	1,9	160,5 - 170	2,6
39 - 48,5	1,3	103,5 - 113	2,0	170 - 179,5	2,7
48,5 - 58	1,4	113 - 122,5	2,1	179,5 - 189	2,8
58 - 67,5	1,5	122,5 - 132	2,2	189 - 200	2,9
67,5 - 77	1,6	132 - 141,5	2,3	>200	3,0

Fonte: Crepani et al. (2001).

ANEXO B 4 - Valores de vulnerabilidade / estabilidade (V/E) para a declividade das encostas.

DECLIVIDADE (%)	(V/E)	DECLIVIDADE (%)	(V/E)	DECLIVIDADE (%)	(V/E)
<3,5	1,0	17,4 - 19,8	1,7	34,6 - 37,2	2,4
3,5 - 5,8	1,1	19,8 - 22,2	1,8	37,2 - 39,8	2,5
5,8 - 8,2	1,2	22,2 - 24,5	1,9	39,8 - 42,4	2,6
8,2 - 10,3	1,3	24,5 - 27,2	2,0	42,4 - 45,3	2,7
10,3 - 12,9	1,4	27,2 - 29,6	2,1	45,3 - 48,1	2,8
12,9 - 15,1	1,5	29,6 - 32,1	2,2	48,1 - 50	2,9
15,1 - 17,4	1,6	32,1 - 34,6	2,3	>50	3,0

Fonte: Crepani et al. (2001).

ANEXO B5 - Valores de vulnerabilidade / estabilidade (V/E) dos solos. Modificada de Crepani et al. (2001) incluindo a correlação com a nova nomenclatura de solos de Embrapa (1999) baseada em Prado (2001).

CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS (Camargo et al., 1987)	CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS (EMBRAPA, 1999)	(V/E)
Latossolos Amarelos	LATOSSOLOS AMARELOS	1,0
Latossolos Vermelho-Amarelos	LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS	
Latossolos Vermelho-Escuros	LATOSSOLOS VERMELHOS	
Latossolos Roxos	LATOSSOLOS VERMELHOS	
Latossolos Brunos	LATOSSOLOS BRUNOS	
Latossolos Húmicos	LATOSSOLOS (...) HÚMICOS	
Latossolos Húmicos Brunos	LATOSSOLOS BRUNO (...) HÚMICOS	
Podzólicos Amarelos	ARGISSOLOS	2,0
Podzólicos Vermelho-Amarelos	ARGISSOLOS LUVISSOLOS ALISSOLOS	
Podzólicos Vermelho-Escuros	NITOSSOLOS	
Terras Roxas Estruturadas	ARGISSOLOS LUVISSOLOS ALISSOLOS	
Brunos Não-Cálcicos	NITOSSOLOS	
Brunizéns	ARGISSOLOS NITOSSOLOS	
Brunizéns Avermelhados	LUVISSOLOS	
Rendzinas	CHERNOSSOLOS	
Planossolos	CHERNOSSOLOS	
Solos Hidromórficos (abrupticos)	CHERNOSSOLOS	
Podzóis	PLANOSSOLOS PLANOSSOLOS ESPODOSSOLOS	
Cambissolos	CAMBISSOLOS	2,5
Solos Litólicos	NEOSSOLOS LITÓLICOS	3,0
Solos Aluviais	NEOSSOLOS FLÚVICOS	
Regossolos	NEOSSOLOS REGOLÍTICOS	
Areias Quartzosas	NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS	
Vertissolos	VERTISSOLOS	
Solos Orgânicos	ORGANOSSOLOS	
Solos Hidromórficos (não abrupticos)	GLEISSOLOS	
Glei Húmico	GLEISSOLOS	
Glei Pouco Húmico	GLEISSOLOS	
Plintossolo	PLINTOSSOLOS	
Laterita Hidromórfica	PLINTOSSOLOS	
Solos Concrecionários		
Lateríticos	PLINTOSSOLOS	
Afloramento Rochoso	AFLORAMENTO ROCHOSO	

Fonte: Crepani et al. (2001).

ANEXO B6 - Escala de erosividade da chuva e valores de vulnerabilidade / estabilidade (V/E) à perda de solo.

Intensidade Pluviométrica	Intensidade (V/E)	Intensidade Pluviométrica	Intensidade (V/E)	Intensidade Pluviométrica	Intensidade (V/E)
<50	1,0	200 - 225	1,7	375 - 400	2,4
50 - 75	1,1	225 - 250	1,8	400 - 425	2,5
75 - 100	1,2	250 - 275	1,9	425 - 450	2,6
100 - 125	1,3	275 - 300	2,0	450 - 475	2,7
125 - 150	1,4	300 - 325	2,1	475 - 500	2,8
150 - 175	1,5	325 - 350	2,2	500 - 525	2,9
175 - 200	1,6	350 - 375	2,3	>525	3,0

Fonte: Crepani et al. (2001).

ANEXO B7 – Escala de vulnerabilidade / estabilidade para as diferentes formações vegetais e uso antrópico encontrados na BHTAM (Crepani et al. 2001).

Savana (Cerrado):	Savana Florestada / Cerradão (Sf);	1,7
	Savana Arborizada / Cerrado stricto sensu (As);	2,1
	Savana gramíneo-Lenhosa /Campo úmido (Sg); Savana gramíneo-Lenhosa com Buritis (Sgv);	2,7
	Savana Parque /Campo murunduns (Sp);	2,5
	Savana Parque com ilhas de floresta estacional Semidecidual (SpFse)	2,0
	Savana Parque com ilhas de Savana Florestada (SpSf)	2,1
Formações Florestadas	Floresta Estacional Semidecidual (F)	1,6
	Floresta Estacional Semidecidual Aluvial (Fa)	
	Floresta Hidrófila (Fh)	
Vegetação Secundária	Floresta Estacional Semidecidual secundária (VsFse);	1,6
	Savana Florestada secundária (VsSf);	1,7
	Savana Arborizada secundária (VsSa);	2,1
	Savana Gramíneo-Lenhosa secundária (VsSg);	2,7
	Savana Parque secundária (VsSp)	2,5
Uso Antrópico	Culturas anuais; Culturas Perenes; e Reflorestamento	3,0
	Pastagens	2,8

ANEXO C

ANEXO C1 - Grupos de solo segundo o potencial de escoamento superficial.

GRUPO	CARACTERÍSTICAS
A	Baixo potencial de escoamento. Solos que possuem altas taxas de infiltração ainda em condições completamente úmidas. Neste grupo se classificam os solos arenosos e muito bem drenados.
B	Solos que tem taxas de infiltração moderadas quando úmidos. Compreendem principalmente solos profundos e moderadamente profundos, drenagem boa e moderada. Textura de moderadamente fina a moderadamente grossa. São solos que possuem taxas moderadas de transmissão de água.
C	Solos que tem infiltração lenta quando completamente úmidos e consistem principalmente de solos com uma camada que impede o movimento descendente da água, ou que possuem texturas finas a moderadamente fina. Estes solos têm uma lenta transmissividade de água.
D	Alto potencial de escoamento. Solos com uma baixa taxa de infiltração quando completamente molhados. Consistem principalmente de solos argilosos com um alto potencial de expansão, solos com um lençol freático alto e permanente. Solos com fragipan (barreira) ou camada argilosa superficial, e solos muito superficiais sobre uma camada impermeável. Estes solos tem taxa de transmissão de água muito baixa.

ANEXO C2 - Valores CN para as condições I, II e III de umidade antecedente.

CONDIÇÃO I	solos secos – as chuvas nos últimos 5 dias não ultrapassam 13 mm.
CONDIÇÃO II	situação média na época das cheias – as chuvas nos últimos 5 dias totalizaram entre 13 e 53 mm.
CONDIÇÃO III	solo úmido (próximo da saturação) – as chuvas nos últimos 5 dias foram superiores a 53 mm e as condições meteorológicas forma desfavoráveis a altas taxas de evaporação.

ANEXO C3 - Curvas-número (CN) representando escoamento superficial para as condições de solo, cobertura vegetal e umidade abaixo apresentadas (condições de umidade II e Ia = 0,2 S).

COBERTURA USO DA TERRA CURVA	TRATAMENTO OU PRÁTICA	CONDIÇÃO * HIDROLÓGICA	GRUPOS DE SOLO			
			A	B	C	D
			NÚMERO DA CURVA			
Cultura em fileiras(milho, algodão, tomate, etc.)	Fileiras retas	Ruim	72	81	88	91
	Fileiras retas	Boa	67	78	85	89
	Fileiras em contorno	Ruim	70	79	84	88
	Fileiras em contorno	Boa	65	75	82	86
	Anterior + terraças	Ruim	66	74	80	82
	Anterior + terraças	Boa	62	71	78	81
Culturas em fileiras estreitas. (trigo, arroz)	Fileiras retas	Ruim	65	76	84	88
	Fileiras retas	Boa	63	75	83	87
	Fileiras em contorno	Ruim	63	74	82	85
	Fileiras em contorno	Boa	61	73	81	84
	Anterior + terraças	Ruim	61	72	79	82
	Anterior + terraças	Boa	59	70	78	81
Leguminosas em fileiras estreitas ou forrageiras em rotação (também hortaliças)	Fileiras retas	Ruim	66	77	85	89
	Fileiras retas	Boa	58	72	81	85
	Fileiras em contorno	Ruim	64	75	83	85
	Fileiras em contorno	Boa	55	69	78	83
	Anterior + terraças	Ruim	63	73	80	83
Pastagens (pastoreio)	Anterior + terraças	Boa	51	67	76	80
		Ruim	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
		Boa	39	61	74	80
	Fileiras em contorno	Ruim	47	67	81	88
	Fileiras em contorno	Regular	25	59	75	83
	Fileiras em contorno	Boa	06	35	70	79
Pastagens (feno)		Boa	30	58	71	78
Floresta		Ruim	45	66	77	83
Ou Bosque		Regular	36	60	73	79
		Boa	25	55	70	77

* Boa - Cobertura em mais de 75% da área

Regular - entre 50 e 75%

Ruim - menor de 50% da área

Ia = água inicial retida (plantas, empoçamento e água que se infiltra antes do início do escoamento superficial).

ANEXO D

ANEXO D – Análise comparativa dos resultados do cruzamento matricial entre as cartas de Vulnerabilidade à Erosão, Perdas de Solos, Fragilidade Ambiental Emergente e de Potencial à Erosão.

	VULNERABILIDADE	EUPS/USLE	FRAGILIDADE EMERGENTE	POTENCIAL À EROSÃO
VULNERABILIDADE				
EUPS/USLE	<p>O maior percentual de áreas com coincidências espaciais entre classes similares ocorreu no cruzamento matricial entre a ‘Carta de Vulnerabilidade à Erosão’ e a ‘Carta de Perdas Médias de Solos’ (USLE). Em 211,52km² (63%) ocorreram coincidências e em 127,18km² (37%) verificou-se discrepâncias. Aproximadamente 85% da área classificada como Moderadamente Estável Vulnerável é coincidente com áreas consideradas na USLE como locais de Moderadas a Altas Perdas de Solos (61%).</p>			
FRAGILIDADE EMERGENTE	<p>Entre as cartas de Vulnerabilidade à Erosão e Fragilidade Ambiental Emergente ocorreram coincidências espaciais em 37,39km² (11,1%), enquanto em 302,18km² (88,9%) não ocorreram. Apesar dessas cartas serem fundamentadas nos mesmos princípios, foram as que menos apresentaram coincidências espaciais. A maior coincidência apresentada foi entre a classe ‘Média Fragilidade’ com a classe ‘Medianamente Estável Vulnerável’ com 32,8km² e a maior divergência encontrada foi entre a classe ‘Medianamente Estável Vulnerável’ com a classe de ‘Fragilidade Forte’.</p>	<p>Entre as cartas de ‘Fragilidade Ambiental Emergente’ e ‘Perdas de Solos’ ocorreram coincidências espaciais em 150,3km² (44,5%). Em 188,4km² (55,5%) ocorreram discrepâncias espaciais entre essas cartas. A coincidência com mais destaque ocorreu entre a classe de ‘Fragilidade Forte’ com a classe de ‘Altas Perdas de Solos’ correspondendo a perdas entre 50 a 200 t/ha.ano. Essas cartas apresentaram a existência de maior quantidade de áreas com severas restrições ao uso do solo na BHTAM ou seja o uso do solo está, no momento, sendo usado em maior área de forma incompatível com a sua aptidão natural.</p>		
POTENCIAL À EROSÃO	<p>A comparação entre as cartas ‘Potencial à Erosão’ e ‘Vulnerabilidade à Erosão’ demonstrou que em 134,08 km² (39,5%) ocorreram coincidências espaciais, enquanto em 205,49km² (60,5%) não houve coincidências. A maior coincidência espacial foi entre as classes ‘Medianamente Estável Vulnerável’ com a ‘Médio Potencial à Erosão’ (108,2km²). Esses locais estão atualmente explorados com culturas anuais e pastagens, constituindo-se em áreas com usos de solo não compatíveis sujeitos a processos erosivos, porém controláveis.</p>	<p>As cartas de ‘Potencial à Erosão’ e ‘Perdas de Solos’ apresentaram coincidências espaciais em 138,38km² (40,8%) e, em 200,32km² (59,2%) os resultados foram divergentes. Tanto as áreas coincidentes como as divergentes apresentaram-se distribuídas por toda a Bacia. O resultado mais expressivo foi entre a localização de classes ‘Baixo Potencial à Erosão’ em áreas definidas como de ‘Altas Perdas de Solos’. A primeira indica uso do solo compatível, enquanto a outra indica a necessidade de readequação do uso desses solos. Essas cartas foram as que apresentaram em seus resultados maiores quantidades de áreas sem restrições ao uso agrícola.</p>	<p>Na comparação entre as cartas de ‘Potencial à Erosão’ e ‘Fragilidade Ambiental Emergente’ verificou-se que 64,36 km² (19%) da área da Bacia apresentaram coincidências espaciais. Em 275,22km² (81%) da área os resultados são divergentes. Essa diferença pode ser explicada pelo predomínio de áreas de Médio e Baixo potencial à erosão na primeira carta e pelo predomínio de áreas de fragilidade Forte a Muito Forte conforme a segunda carta. As coincidências ocorrem principalmente nas classes indicadas em ambas as cartas nos locais de maiores restrições ao uso, ou seja, nas classes ‘Alto Potencial à Erosão’ e ‘Fragilidade Ambiental Muito Forte’ (52,71km²) onde os solos são classificados em NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS.</p>	